ARC
0868

Library of the Museum

OF

COMPARATIVE ZOÖLOGY,

AT HARVARD COLLEGE, CAMBRIDGE, MASS.

Founded by private subscription, in 1861.

Deposited by ALEX. AGASSIZ.

No. 7383.
Apr. 4 – Dec. 7, 1885

ARCHIV

FÜR

ANATOMIE UND PHYSIOLOGIE.

FORTSETZUNG DES VON REIL, REIL U. AUTENRIETH, J. F. MECKEL, JOH. MÜLLER, REICHERT U. DU BOIS-REYMOND HERAUSGEGEBENEN ARCHIVES.

HERAUSGEGEBEN

VON

DR. WILH. HIS UND DR. WILH. BRAUNE,
PROFESSOREN DER ANATOMIE AN DER UNIVERSITÄT LEIPZIG,

UND

DR. EMIL DU BOIS-REYMOND,
PROFESSOR DER PHYSIOLOGIE AN DER UNIVERSITÄT BERLIN.

JAHRGANG 1885.

PHYSIOLOGISCHE ABTHEILUNG.

9433
57-7

LEIPZIG,
VERLAG VON VEIT & COMP.
1885.

ARCHIV

FÜR

PHYSIOLOGIE.

PHYSIOLOGISCHE ABTHEILUNG DES
ARCHIVES FÜR ANATOMIE UND PHYSIOLOGIE.

UNTER MITWIRKUNG MEHRERER GELEHRTEN

HERAUSGEGEBEN

VON

DR. EMIL DU BOIS-REYMOND,
PROFESSOR DER PHYSIOLOGIE AN DER UNIVERSITÄT BERLIN.

JAHRGANG 1885.

MIT ABBILDUNGEN IM TEXT UND 4 TAFELN.

LEIPZIG,
VERLAG VON VEIT & COMP.
1885.

Druck von Metzger & Wittig in Leipzig.

Inhalt.

Seite

N. Zeglinski, Experimentelle Untersuchungen über die Irisbewegung. (Hierzu Taf. I.) 1

Max Rubner, Versuche über den Einfluss der Temperatur auf die Respiration des ruhenden Muskels 38

J. v. Kries, Untersuchungen zur Mechanik des quergestreiften Muskels . . . 67

J. v. Kries und Brauneck, Ueber einen Fundamentalsatz aus der Theorie der Gesichtsempfindungen 79

J. v. Kries, Notiz über das Federrheonom 85

E. du Bois-Reymond, Lebende Zitterrochen in Berlin 86

C. Binz, Das Verhalten der Lymphkörperchen zum Chinin 146

R. Nikolaides, Ueber die mikroskopischen Erscheinungen bei der Contraction des quergestreiften Muskels 150

Ernst von Fleischl, Zur Beurtheilung der sogenannten Praevalenz-Hypothese Stricker's 157

K. Hällstén, Zur Kenntniss der sensiblen Nerven und der Reflexapparate des Rückenmarkes 167

C. Holzmann, Ueber das Wesen der Blutgerinnung 210

G. Sandmann, Ueber die Vertheilung der motorischen Nervenendapparate in den quergestreiften Muskeln der Wirbelthiere. (Hierzu Taf. II.) 240

Benno Baginsky, Zur Physiologie der Bogengänge 253

Hans Aronson, Ueber Apnoe bei Kaltblütern und neugeborenen Säugethieren . 267

Otto Moszeick, Ueber den Einfluss der Temperatur auf die Absorptionsfähigkeit der Thierkohle 275

O. Langendorff, Ueber elektrische Reizung des Herzens 284

Maurice Mendelssohn, Ueber die Irritabilität des Rückenmarkes 288

A. L. Rawa, Ueber das Zusammenwachsen der Nerven verschiedener Bestimmungen und verschiedener Functionen. (Hierzu Taf. III.) 296

F. Miescher-Rüsch, Bemerkungen zur Lehre von den Athembewegungen . . . 355

Maurice Mendelssohn, Ueber den axialen Nervenstrom 381

I. Rosenthal, Apparat zur künstlichen Athmung 400

Warren P. Lombard, Die räumliche und zeitliche Aufeinanderfolge reflectorisch contrahirter Muskeln 408

Seite

Ernst von Fleischl, Studien über den Elektrotonus. Erster Theil 490

Max von Frey und Max Gruber, Untersuchungen über den Stoffwechsel isolirter Organe. (Hierzu Taf. IV) 519

Max von Frey, Versuche über den Stoffwechsel des Muskels 533

Verhandlungen der physiologischen Gesellschaft zu Berlin 1884—85.

Arthur König, Ueber Farbensehen und Farbenblindheit 160

Hans Virchow, Ueber den Bau der Zonula und des Petit'schen Kanales . . . 464

Kossel, Ueber eine neue Base aus dem Thierkörper 465

Ed. Aronsohn, Ein Wärmecentrum im Grosshirn 466

von Monakow, Einiges über die Ursprungscentren des N. opticus und über die Verbindungen derselben mit der Sehsphäre 329

Uhthoff a) Ueber das Verhältniss der Sehschärfe zur Beleuchtungsintensität . . 331

b) Demonstration einer neuen Vorrichtung zur Bestimmung des Winkels α bez. γ zwischen Gesichtslinien und der senkrecht durch den Hornhautscheitel gehenden Linie 334

Busch, Demonstration von zwei Knochenpraeparaten, an denen mechanische Wachsthumsexperimente ausgeführt sind 334

Goldscheider, Ueber Wärme-, Kälte-, und Druckpunkte 340

Ewald, Ueber das Vorkommen der Milchsäure im Mageninhalt 346

A. Kossel, Ueber das Nucleïn im Dotter des Hühnereies 346

Raudnitz, Ueber das thermische Centrum der Grosshirnrinde 346

Blaschko, Zur Lehre von den Druckempfindungen 349

Höltzke, Experimentelle Untersuchungen über intraocularen Druck 350

Hans Virchow, Ueber Glaskörpergefässe von Cyprinoiden 353

Hans Virchow, Ueber Glaskörperzellen 563

Höltzke, Experimentelle Untersuchungen über den intraocularen Druck . . . 564

Waldeyer, Ueber die Ergebnisse einer ausgeführten Untersuchung des Hrn. Fischelis betreffend die Entwickelung der Schilddrüse 566

Eulenburg, Ueber das Wärmecentrum im Grosshirn 566

G. Salomon, Ueber einen neuen Bestandtheil des menschlichen Harns 570

Hans Virchow, Ueber den ciliaren Muskel des Frosches 571

Hans Virchow, Ueber die verschiedenen Formen des Ligamentum pectinatum iridis 571

Christiani, Ueber Wärmecentren im Gehirne 572

Biondi, Ueber die Ergebnisse seiner Untersuchungen betreffend die Spermatogenese 572

Blaschko, Ueber Intercellularbrücken zwischen Cutis und Epidermis 575

Experimentelle Untersuchungen über die Irisbewegung.

Von

Dr. med. N. Zeglinski.

(Aus dem Laboratorium von Prof. Joh. Dogiel zu Kasan.)

(Hierzu Taf. I.)

Die Existenz des bei Säugethieren aus glatten Fasern bestehenden M. sphincter pupillae haben Krohn,[1] Lauth, Schwann und Valentin[2] sicher gestellt. Dass dieser Muskel bei Vögeln quergestreift ist, wies Treviranus[3] nach. Physiologische Untersuchungen fangen mit Herbert Mayo[4] an. Sie constatiren (Budge,[5] Picard),[6] dass der M. sphincter pupillae vom N. oculomotorius aus innervirt wird: die Reizung des letzteren hat eine Verengerung der Pupille zur Folge. Adamük,[7] Hensen und Völkers[8] zeigten, dass die pupillenverengernden Oculomotoriusfasern ihr Centrum im vorderen Ende des Oculomotoriuskernes haben.

[1] *Dies Archiv.* 1837. S. 357.

[2] *Repertorium.* 1837. S. 248.

[3] *Vermischte Schriften.* 1820. Bd. III. S. 167.

[4] *Anatomical and physiol. Commentaries.* London 1823. — *Journ. de physiol. expér.* III. p. 349.

[5] *Ueber die Bewegung der Iris.* 1855.

[6] *Compt. Rend.* Mai 1878.

[7] *Centralblatt für die medicinischen Wissenschaften.* 1870. Nr. 12. S. 177—180.

[8] *Experimentaluntersuchungen über die Mechanik der Accommodation.* Kiel 1868. — *Archiv für Ophthalmologie.* Bd. XXIV. 1. — Pflüger's *Archiv.* Bd. XXXI. S. 309.

In Bezug auf die Ursache der Erweiterung der Pupille gehen dagegen die Meinungen auseinander. Einige (Budge,[1] Brücke,[2] Kölliker,[3] J. Dogiel[4]) behaupten, dass der M. dilatator pupillae in einzelnen Bündeln vom Ciliarrand der Iris zum Pupillarrand derselben verläuft, wo diese Bündel arcadenförmig in einander übergehen. Andere (Henle,[5] Merkel,[6] Hüttenbrenner,[7] Faber,[8] Jerofejew[9]) lassen den M. dilatator pupillae membranartig zwischen dem Stroma und der Pigmentschicht der Iris, vom Ciliarrand zum Pupillarrand verlaufen.

Nach Grünhagen,[10] Hampeln,[11] theilweise auch Michel[12] und Alt[13] soll dieser Pupillenerweiterer nichts weiter als eine elastische Membran sein. Eine vermittelnde Stellung nimmt Luschka[14] ein. Der Dilatator besteht seiner Meinung nach aus einzelnen Bündeln, welche trotzdem zusammen eine eigene Muskelhaut ausmachen.

Nach der Endeckung der Vasomotoren im Halssympathicus durch Cl. Bernard,[15] wollten einige Autoren (Grünhagen,[16] Salkowski,[17] Surminski[18] u. s. w.) den Einfluss des Sympathicus auf die Irisbewegung durch seine Wirkung auf die Irisgefässe erklären. Andere (Stellwag von Carion,[19] Luschka[20] u. s. w.) nehmen eine Wirkung des Sympathicus zugleich auf den Dilatator und die Gefässe der Iris an. Auch der Trigeminus soll einen Antheil an der Irisbewegung haben; denn Magendie[21] bemerkte nach intracranieller Durchschneidung dieses Nerven Pupillen-

---

[1] A. a. O.

[2] *Anatomische Beschreibung des menschlichen Augapfels.* Berlin 1847.

[3] *Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie.* 1849. S. 51.

[4] *Archiv für mikroskopische Anatomie.* 1870. Bd. VI. S. 89—99.

[5] *Handbuch der systematischen Anatomie des Menschen.* 1866. II. S. 634—635.

[6] *Zeitschrift für rationelle Medicin.* Bd. XXXI. S. 403; — Bd. XXXIV; — *Die Musculatur der menschlichen Iris.* Rostock 1873.

[7] *Sitzungsberichte der Wiener Akademie.* 1868. Bd. LVII. S. 515.

[8] *Der Bau der Iris des Menschen und der Wirbelthiere.* Leipzig 1876.

[9] Die intraocularen Muskeln. *Dissertation.* Petersburg 1880. (In russ. Sprache).

[10] *Zeitschrift für rationelle Medicin.* Bd. XXXVI.

[11] Ein Beitrag zur Anatomie der Iris. *Dissertation.* Dorpat 1869.

[12] *Die histologische Structur der Irisstroma.* Erlangen 1875.

[13] *Comp. der normalen und pathologischen Histologie des Auges.* 1878.

[14] *Anatomie des menschlichen Kopfes.* 1867. S. 416.

[15] *Compt. rend.* 1852. t. 33. p. 472.

[16] *Zeitschrift für rationelle Medicin.* Bd. XXVIII.

[17] *Ebenda.* Bd. XXIX.

[18] *Ebenda.* Bd. XXXVI. — Pflüger's *Archiv.* Bd. III. S. 440.

[19] *Der intraoculare Druck und die Innervationsverhältnisse der Iris.* Wien 1868.

[20] A. a. O.

[21] *Journal de physiologie.* 1824. t. IV. p. 176.

verengerung. Dieser Effect soll aber nach A. Bernard, Budge, Grünhagen und Rogow[1] von der Reizung der pupillenverengernden Trigeminusfasern herrühren. Andere erklären dieses Resultat der Trigeminusdurchschneidnng durch reflectorische Erregung des Oculomotorius (Müller,[2] Gräfe[3]), oder nehmen an, dass im Trigeminus ausser den pupillenerweiternden Sympathicusfasern noch solche vom Ganglion Gasseri (Guttmann,[4] Oehl),[5] oder vom verlängerten Mark (Coloman Balogh)[6] aus verlaufen. Für letztere Erklärung scheinen die Versuche von Vulpian,[7] Argyropulus,[8] und Ott[9] zu sprechen.

Obwohl die meisten Untersucher (Müller,[10] Grünhagen,[11] Hüttenbrenner,[12] J. Dogiel,[13] Leuckart,[14] Rumschewitsch,[15] Faber[16]) das Vorhandensein quergestreifter, radialer Muskelfasern in der Iris von Vögeln hervorheben, dienten letztere doch selten als Versuchsobjecte. Aus kurzen Andeutungen einiger Forscher (Budge,[17] Vulpian[18]) ersieht man, dass bei Vögeln, im Gegensatz zu den Säugethieren, der Sympathicus keinen Einfluss auf die Irisbewegung hat. Dagegen behauptet Hirschmann,[19] dass er eine deutliche Erweiterung der Pupille auf Reizung des Halssympathicus bei Tauben und Hühnern eintreten sah. Trautvetter[20] giebt an, dass auf Reizung der Carotis interna und der Vena jugularis die Pupille sich nach vorhergehender Verengerung erweitert. Grünhagen[21] erhielt

---

[1] *Zeitschrift für rationelle Medicin.* Bd. XXIX. S. 1 u. 283.

[2] *Handbuch der Physiologie des Menschen.* 1840. Bd. II. S. 583.

[3] Gräfe's *Archiv.* 1863.

[4] *Centralblatt für die medicinischen Wissenschaften.* 1864. S. 598.

[5] *Annales d'oculistique.* 1864.

[6] Moleschott's *Untersuchungen.* 1863. Bd. VIII. S. 423.

[7] *Archives de physiologie normale et pathologique.* Janvier 1874. — *Compt. rend.* t. LXXXVI. p. 1436.

[8] *Jahresbericht* von Hoffmann und Schwalbe. 1878. S. 110.

[9] *Ebenda.* 1882. Bd. XI. Abth. II. S. 34.

[10] *Archiv für Ophthalmologie.* 1857. Bd. III. S. 26.

[11] *Archiv für pathologische Anatomie.* 1864. Bd. XXX. S. 485.

[12] A. a. O.

[13] A. a. O.

[14] *Handbuch der gesammten Augenheilkunde* von Graefe u. Saemisch. Bd. II. S. 239.

[15] Intraoculare Muskeln der Vögel. *Notizen der Kiewschen Gesellschaft für Naturwissenschaft.* 1876. Bd. IV. (In russ. Sprache).

[16] A. a. O.

[17] A. a. O.

[18] *Leçons sur la physiologie.* 1866. p. 879.

[19] *Dies Archiv.* 1863.

[20] *Archiv für Ophthalmologie.* Bd. II. 1. S. 141.

[21] Pflüger's *Archiv.* 1870. Bd. III.

Erweiterung der Pupille durch Rückenmarksreizung. Es existiren auch einige Angaben über den Einfluss des Trigeminus auf die Irisbewegung bei den Vögeln (Schiff, A. Bernard, Trautvetter). Schiff[1] durchschnitt den Trigeminus bei Tauben mittels einer in die Schädelhöhle eingeführten Staarnadel, ohne das Gehirn blosszulegen. Der Versuch gelang selten, weil die meisten Thiere infolge der Blutung in's Gehirn zu Grunde gingen. Eine Pupillenverengerung konnte er nie bemerken.

Bei meinen Untersuchungen habe ich auf Vorschlag des Hrn. Prof. J. Dogiel mir zur Aufgabe gestellt: 1. Die Innervation der Iris bei den Vögeln und den etwaigen Unterschied von den Säugethieren in dieser Beziehung zu untersuchen. 2. Den Einfluss des Sympathicus auf die Irisbewegung bei den Vögeln festzustellen. 3. Im Falle, dass der Sympathicus bei den Vögeln zur Pupillenerweiterung nicht dient, musste nach solchen Nerven gesucht werden. 4. Sollte sich ein Unterschied in der Innervation der Iris bei den Vögeln und den Säugethieren ergeben, so wäre wünschenswerth die Wirkung einiger Arzneimittel auf die Irisbewegung bei den Vögeln zu prüfen. 5. Die Ursache der Pupillenverengerung nach intracranieller Trigeminusdurchschneidung aufzuklären.

1. Anatomisches.

Die Ciliarnerven der Vögel. Die erste Figur der beigelegten Tafel zeigt den Kopf einer Taube. Die äussere Orbitalwand nebst Muskeln und Gefässen, sowie die seitliche Schädeldecke sind entfernt; das Auge zum Schnabel hingezogen. Vom Ganglion Gasseri (a) geht nach oben und vorwärts der R. ophthalmicus (b) ab. Er tritt durch die Schädelbasis in die Augenhöhle, ist hier zuerst bedeckt vom M. rectus externus, zieht dann schief nach oben und begiebt sich unter den M. rectus superior. Ausserdem sieht man auf der Zeichnung N. abducens (k) und weiter nach innen den N. trochlearis (h). Der Oculomotorius tritt durch eine besondere Oeffnung in die Orbita, nach innen und unten vom R. ophthalmicus und theilt sich alsbald in: a) Ramus superior zum M. rectus superior; b) R. inferior (g) zum M. rectus internus, M. rect. inf. und M. obliquus inf.; c) kurzen R. ciliaris, der sich zugleich zum Ciliarganglion (e) verdickt und dann zum Auge die Ciliarnerven abgiebt, welche die Sklera nicht weit vom Opticus durchsetzen. Zum Ganglion ciliare oder zu den Ciliarnerven geht ein Zweig vom R. ophthalmicus nervi trigemini, (Fig. I, f)

[1] *Giornale di sc. nat. ed econ.* Palermo 1868. Bd. IV. p. 40.

kurz nach dessen Eintritt in die Orbita, ab. Dieser stets einfache Zweig besteht aus doppeltcontourirten Nervenfasern. Soweit meine Beobachtungen reichen, tritt dieser Zweig bei Tauben stets zum Ciliarganglion, aus welchem also ein Bündel gemischter Nerven hervorgeht (Fig. II). Beim Huhn gesellt sich der R. ciliaris nervi trigemini zu den Ciliarnerven, nach deren Austritt aus dem Ciliarganglion (Fig. III, d), zuweilen trennt er sich aber wieder von den Ciliarnerven und geht für sich, neben ihnen, in's Auge. Nachdem die Ciliarnervenbündel die Sklera durchsetzt haben, gehen die zwischen ihr und der Chorioïdea, in der Gegend des äusseren, unteren Augapfelviertels zum Ciliarrand der Iris, wo sie einen circulären Plexus bilden (Fig. II). Von diesem gehen an zwei Stellen mehr dünne Nervenfäden ab, welche den Irisrand umkreisen (die Fig. II zeigt nur einen und zwar den oberen Nervenfaden).

Wie wir also sehen, nimmt der Sympathicus bei Vögeln keinen Antheil an der Bildung des Ciliarganglions und der Ciliarnerven, was auch Budge schon hervorgehoben hat. Zur besseren Uebersicht über den Verlauf des Kopfsympathicus bei Vögeln weisen wir auf Weber's[1] Monographie hin: „Ganglion cervicale supremum in fovea partis posterioris cranii juxta processum mastoideum positum, a tribus nervis cerebralibus e cranio hoc loco exeuntibus vel tegitur vel circumdatur. Margo anterior nimirum a nervo glossopharyngeo, margo posterior a nervo vago, medium ganglion a nervo faciali tegitur. Ganglion hoc admodum parvum, quod nunc ovale, nunc magis triquetrum reperitur, tam arcte cum nervo glossopharyngeo, inter ramos superiores ascendente, conjunctum est, ut haud raro cum eo omnino coalescere videatur. Nervus vagus non tantum commercium cum nervo sympathico habens facilius ab hoc ganglio dissolvitur. Quatuor rami ejus, quorum duo superiores in capite ascendunt, duo inferiores in collo descendunt, ubique fere arteriarum viam persequuntur. 1) Ramus primus per canalem Fallopii in posteriore pariete tympani cum nervo faciali ascendens ad articulationem superiorem ossis quadrati perducitur. Qua in via cum nervo faciali, quocum nonnunquam paene coalescere videtur, stapedem, in vestibulum intrantem, transcendit. In cavitate articulari ossis quadrati in duos plerumque ramos dividitur, qui arteriam circumtegentes ramis communicantibus conjunguntur. Duo rami hujus plexus cum ramo secundo quinti paris ita conjunguntur, ut cum hoc nervo, quem aliquamdiu comitati erant, in acutissimo angulo confluant. Alius ramus tenuissimus cum arteria ad glandulam lacrimalem, in angulo posteriore orbitae ad bulbum oculi affixam, transit. 2) Ramus secundus in canalem caroticum intrans cum ramo nervi facialis per exiguum canalem ad canalem caroticum

[1] *Anatomia comparata nervi sympathici.* 1817. p. 25.

descendente, adque cum ramo ganglii glossopharyngei conjungitur. Canales carotici incurvi sunt, et sigmoidei atque in medio cranio in unum canalem ampliorem confluunt, qui in sella turcica patens infundibulum recipit, glandulamque pituitariam continet. Glandula pituitaria duabus partibus constat, altera posteriore candicante et triangulari, altera anteriore ovali rubella et majore. Inter utramque partem, ad cujus latera carotides ascendunt, infundibulum se insinuat. Quamvis vix dubites, nervum sympathicum, in eodem canali cum glandula putuitaria inclusum, ramorum communicatione cum hoc organo ganglio simillimo cohaerere; nullum tamen clarum commercium apparuit. Nervus enim sympathicus cum ad eum locum pervenit, ubi canalis caroticus sursum vergens in eo est, ut cum canali oppositi lateris confluat, e cranio per idem foramen in basi cranii exit, per quod tuba Eustachii in faucibus aperitur, ibique in duos ramos dividitur, quorum alter a) externus sub parte posteriore ossis omoidei circumflexus arterias sequens in pariete interno orbitae ascendit. Arteria, quam comitatur, in duos ramos dividitur, quoram alter, ad nasum pergens tenuissimum nervum comitem accipit, alter, glandulae lacrimali Harderianae destinatus, continuationem nervi secum ducit. Quae quidem in superficie interna, convexa, procedens, nonnullis ramis ad glandulam lacrimalem in angulo posteriore orbitae ad bulbum oculi affixam sparsis, cum ramo primo nervi trigemini ad natum exeunte sub acuto angulo et sine omni intumescentia conjungitur. b) internus ramus in margine interno articuli, quo os omoideum cum osse frontali cohaeret, ad nasum vertitur, ad quem per parvam foramen inter os omoideum et palatinum transiens multos in ramos, cellulis labyrinthi destinatos, dissolvitur . . . . . 3) Tertius ramus ganglii cervicalis supremi ex inferiore extremitate ganglii exiens ad carotidem descendit. Nonnunquam in duos ramos dividitur, qui cursum arteriarum sequentes in collo descendunt . . . . 4) Ramus quartus ganglii cervicalis supremi, per quem ganglion cervicale supremum cum caeteris gangliis cervicalibus cohaeret, introrsum vertitur, tegiturque a nervo vago, qui, ut nervus noster in conspectum prodeat, discindendus et reclinandus est.

Pars cervicalis. Hic ramus in eo loco ubi nervus vagus per foramen suum e cranio exiit, inter nervum vagum et cranium retrorsum et deorsum ad vertebram colli secundam fertur, ibique cum nervo cervicali inter secundam et tertiam vertebram prodeunte per parvum ganglion triangulare conjungitur. Deinde in canalem vertebralem intrans, et ad venam vertebralem adnexus usque ad finem hujus canalis descendit. In eo ansere, quem delineavi, pars cervicalis nervi sympathici a ganglio cervicali supremo edita, in rima vertebrae colli primae ad vertebram colli secundam descendebat, ibique inter vertebram primam et secundam in canalem vertebralem

intrabat. Inter singulas vertebras nervis cervicalibus obviam veniens ganglia parva triangularia componit, quorum conjunctionem cum nervis cervicalibus jam accuratius explicabimus. Ut in mammalibus, ita in avibus etiam nervi spinales radicibus anterioribus et posterioribus oriuntur, quae per foramina vertebralia exeuntes intumescunt, et ganglia spinalia componunt. Num hoc ganglion solis radicibus posterioribus proprium sit, an ad omnes radices pertineat, id in avibus vix discerni potest. A ganglio hoc spinali pleramque duo nervi emittuntur. Alter, posterior, tenuissimus est, ad musculos posteriores colli convertitur, ideoque cum ramo posteriore nervorum spinalium mammalium comparandus est. Alter, anterior, tam crassus est, ut facile pro toto nervo spinali habere possit. Qui quidem dum transversorius per canalem vertebralem exit, nervo sympathico, ad perpendiculum in illo canali descendenti, obviam venit, atque composito parvo ganglio triangulari, cujus apex sursum spectat, basis in nervo cervicali incumbit, ad cutem colli pergit. Apparet, has conjunctiones nervi sympathici et nervorum spinalium crucis formam habere, cujus in media parte parvum ganglion positum est .... Singula ganglia usque ad finem canalis vertebralis, simplici tantum ramo communicante conjunguntur .... Numerus gangliorum a numero vertebrarum pendet, qui in omnibus avibus per magnus est .... Postquam nervus sympathicus in antepenultima vertebra colli e canali spinali prodiit, gangliorum forma non minus quam ramorum communicantium numeros commutator. Duo nimirum ultimi nervi cervicales cum thoracico primo et parvo ramo nervi cervicalis antepenultimi plexum brachialem componunt ....."

Praeparirmethode. Ein verticaler, leicht bogenförmiger Schnitt wird längs des hinteren, äusseren Orbitalrandes bis zum arcus zygomaticus geführt. Auf diesen Schnitt trifft ein horizontaler, längs des arcus zygomaticus verlaufender, vom Schnabel bis zum Ohr reichender Schnitt. Hierauf durchschneidet man die fascia tarsoorbitalis, an der hinteren Hälfte des Auges, vertical, parallel dem Schläfenbein und horizontal, längs des oberen Masseterrandes. Der Masseter bildet die unterste Augenhöhlenwand bei den Vögeln, entsprechend dem proc. orbitalis des Oberkiefers der Säugethiere. Jetzt wird der Masseter an seinem Ursprung vom proc. zygomaticus ossis frontis durchschnitten, die Temporalregion durch Entfernung des Schläfenmuskels freigelegt und mittels einer Knochenzange der Jochfortsalz und der Theil des Stirnbeins, der den äusseren Orbitalrand bildet, entfernt. Es wird hierbei das Rete mirabile orbitae sichtbar, welches im hinteren Winkel der Orbitae, nach aussen vom Augapfel liegt, vom Ram. ophthalmicus der Carotis interna gebildet wird und den Augapfel, Schnabel und die Stirn mit Arterien versorgt. Der Ram. ophthalmicus der Carotis interna geht zwischen dem Temporalknochen und

dem Quadratbein hindurch, verläuft auf dem M. pterygoideus int. seu orbito-maxillaris und bedeckt vom M. sphenomaxillaris, der ihn von der Augenhöhle trennt. Mit dem Ram. ophthalmicus haben gleichen Verlauf der 2. und 3. Trigeminuszweig. Das Rete mirabile liegt auf der Tenon'schen Kapsel und kann mit einer Pincette zusammen mit dieser vom Bulbus abgehoben werden. Eine kleine Arterie geht vom Rete mirabile nach hinten und oben zum Bulbus, schlägt sich um den M. sphenomaxillaris und dringt nach kurzem Verlauf auf demselben zwischen den M. rect. ext. und M. rect. sup. hindurch in den Augapfel.

Wie man weiter zu verfahren hat, hängt vom Zweck der Praeparation ab:

1. Praeparaton des Orbitaltheils vom Ram. ophthalmicus nervi trigemini. Wird das Rete mirabile orbitae nach vorn und unten gezerrt, der Augapfel zum Schnabel gezogen, so sieht man den Nerven als einen weissen Strang zwischen den Ursprüngen von M. rect. ext. und M. rect. sup. von unten nach oben und vorn verlaufen. Ueber und nach aussen vom Nerv liegt der untere Theil des Stirnbeins, unter ihm sieht man den M. sphenoidalis und vor ihm den Bulbus. Mit einem stumpfen Haken wird der Nerv unter dem M. rect. ext. etwas hervorgezogen, so dass man ihn vor der Abgabe seinerseits des Ram. ciliaris mit einer Pincette erfassen kann.

2. Praeparation der Ciliarnerven. Dieses ist viel schwieriger Am besten ist das Rete mirabile orbitae zwischen zwei Ligaturen zu fassen und durchzuschneiden, worauf man den Bulbus mehr nach vorn ziehen kann. Hierauf wird die Tenon'sche Kapsel nebst der Anheftung des M. rect. ext. am Bulbus durchschnitten und der Augapfel nach aussen gedrängt, worauf man das fetthaltige Bindegewebe vom äusseren, unteren Viertel des Augapfels entfernt. Zieht man jetzt den Bulbus nach vorn, so erblickt man die Ciliarnerven. Da dieselben von Gefässen begleitet werden, so ist ihre Praeparation und Durchschneidung mit heftiger Blutung verbunden, wodurch die Operation sehr umständlich wird.

2. Physiologisches.

1. Versuchsreihe. Beobachtungen über die Irisbewegung bei den Vögeln auf Reizung und Durchschneidung des Oculomotorius und der Ciliarnerven.

Versuch 1. Huhn. Die Praeparation der Ciliarnerven, wie angegeben. Letztere liegen hier in einem Bündel, das in eine Ligatur gefasst

und durchschnitten wurde. Es erfolgte eine starke Pupillenerweiterung. Die Reizung des peripheren Stumpfes des Ciliarnervenbündels ist von einer sofortigen, starken Pupillenverengerung begleitet. Die Isolation der Ciliarnerven ausserhalb des Bulbus gelingt bei Vögeln nicht; entfernt man jedoch ein Stück aus der Sklera an der nöthigen Stelle, so kann man hier fast jeden der 5 parallel neben einander verlaufenden Nerven isoliren und reizen. Bei solchen Versuchen erhielt ich trotz gegentheiliger Angaben von Hensen und Völkers immer vollkommene Pupillenverengerung. Gleiches Resultat erhielt François-Franck bei Säugethieren.

Bei Vögeln erfolgt Pupillenverengerung, an welchem Ort des Bulbus man auch die Elektroden anlegen mag, am leichtesten jedoch, wenn dieselben das äussere untere Viertel des Augapfels berühren.

Versuch 2. Taube. Das Schädeldach wurde entfernt, die Riechkolben schnell durschnitten, das Gehirn etwas emporgehoben, bis die N. optici durchschnitten werden konnten, worauf man es noch mehr emporheben kann, so dass die N. oculomotorii sichtbar und angespannt werden. Legt man die Elektroden an den peripheren Stumpf der durchschnittenen Oculomotorien, so erfolgt gleich starke Pupillenverengerung an der entsprechenden Seite.

Versuch 3. Huhn. Das Ciliarnervenbündel des linken Auges auf die angegebene Art durchschnitten. Hierauf betrug der Durchmesser der linken Pupille 6^{mm}, der rechten 4^{mm}.

Versuch 4. Huhn. Die Ciliarnerven des rechten Auges durchschnitten. Der Durchmesser der Pupille rechts 6^{mm}, links 3^{mm}.

Die Pupille der gesunden Seite ist im 4. Versuche kleiner, weil der Tag heller war. In beiden letzten Versuchen konnten weder grelles Licht noch andere, gewöhnlich die Pupille verengernden Einflüsse an der operirten Seite eine Pupillenverengerung herbeiführen (so z. B. Reizung der sensiblen Trigeminuszweige).

Directe Reizung des M. sphincter pupillae, durch Anlegung der Elektroden an die Cornea hatte jedoch eine starke Pupillenverengerung zur Folge.

Die intracranielle Durchschneidung des Oculomotorius hat gleichen Effect mit der Durchschneidung der Ciliarnerven, ausserdem sieht man im ersteren Falle noch eine Augenverdrehung nach aussen. Niemals sah ich auf intracranielle Oculomotoriusreizung bei Vögeln eine Pupillenerweiterung, wie es bei Säugethieren zuweilen vorkommt, erfolgen.

Legt man die Elektroden an das Gehirn oder an den Schädel, so dass die Oculomotoren von den Stromschleifen erreicht werden können, so erzielt

man eine Pupillenverengerung. Dieser Umstand, auf welchen wir später zurückkommen werden, verdient Berücksichtigung bei der Erklärung der Pupillenverengerung in Folge der Trigeminusreizung, wenn dieser Nerv in seiner Lage und nicht isolirt von den Knochen der Schädelbasis gereizt wird. Die angeführten Versuche beweisen, dass die pupillenverengernden Nerven bei den Vögeln im Oculomotoriusstamm, durch das Ciliarganglion und die Ciliarnerven zum Ciliargeflecht und von hier aus zur Iris verlaufen.

2. Versuchsreihe. Beobachtungen über die Irisbewegung bei den Vögeln auf Reizung und Durchschneidung des Halssympathicus.

Versuch 1. Huhn. Ein Schnitt durch die Haut und den subcutanen Muskel. Indem man die Trachea und den Oesophagus auseinander schiebt und die Muskeln zwischen den Querfortsätzen benachbarter Halswirbel schichtweise durchschneidet, stösst man endlich auf die Arteria vertebralis und Vena vertebralis, welche mit dem Sympathicus eine gemeinsame Scheide besitzen. Diese Gebilde liegen also bei den Vögeln in dem Querfortsatzcanal des Halswirbels. Im vorliegenden Versuch wurde der Sympathicus von der Vene isolirt, dicht am unteren Nervenknoten in eine Ligatur gefasst und durchschnitten. An der Pupille war keine Veränderung zu bemerken. Elektrische Reizung des oberen Stumpfes blieb in Bezug auf die Pupille ebenfalls resultatlos. Kamen die Elektroden zufällig während des Versuches mit dem umgebenden Gewebe, Rückenmarksnerven, in Berührung, so trat zugleich mit Schmerzäusserung und Unruhe des Thieres eine in kurzer Zeit wechselnde Weite der Pupille ein.

Nach dem Versuch wurde die Wunde vernäht, um etwaige nachherige Pupillenveränderung an der operirten Seite nicht zu übersehen, jedoch es wurde eine solche in den nächstfolgenden Tagen nicht bemerkbar.

Versuch 2. Taube. Auf die im ersten Versuche beschriebene Art wurde der Sympathicus am vierten, dann dritten und hierauf am zweiten Halswirbel aufgesucht, in Ligatur gefasst und dicht am unteren Knoten durchschnitten. Die elektrische Reizung des oberen Stumpfes blieb in Bezug auf die Pupille stets resultatlos. Die Wunden wurden vernäht. In den nächstfolgenden Tagen liess sich kein Unterschied in der Pupillenweite beider Augen dieser Taube wahrnehmen.

Eine Blutung aus der Vertebralarterie, an welcher die Tauben Vulpian's zu Grunde gingen, vermeidet man dadurch, dass man den isolirten Sympathicus durchschneidet.

Weder Durchschneidung noch elektrische Reizung des oberen Stumpfes des Halssympathicus hatte also bei Tauben, Hühnern (und noch bei einem Habicht und einer Eule) eine Veränderung der Pupillenweite zur Folge.

Dass Trautvetter nach Reizung der Carotis interna zuerst Verengerung und dann Erweiterung der Pupille auftreten sah, erklärt sich durch den im vierten Versuche angegebenen Umstand, nämlich durch die Reizung von Spinalnerven. Auf Grund meiner Versuche glaube ich behaupten zu können, dass im Halssympathicus der Vögel keine, die Irisbewegung beeinflussenden Nervenfasern vorhanden sind.

3. Versuchsreihe. Beobachtungen über die Irisbewegung bei den Vögeln auf Reizung und Durchschneidung des Halsmarks.

Versuch 1. Huhn. Tracheotomie und künstliche Athmung. Das Rückenmark in der Gegend des letzten Halswirbels freigelegt und durchschnitten. Die Weite der Pupille blieb unverändert. Bei lange andauernder Operation werden die Pupillen überhaupt weit bei den Vögeln, wahrscheinlich in Folge des Schmerzes. Durch schwache Eserinlösung wurde die Pupille künstlich verengt. Die hierauf folgende Reizung des centralen Rückenmarksendes hatte deutliche Pupillenerweiterung zur Folge.

Versuch 2. Huhn. Tracheotomie behufs künstlicher Athmung und Blosslegung des Rückenmarkes an der Grenze zwischen Hals- und Brustmark. Berührung des Rückenmarkes mit einem Glasstabe hatte deutliche Pupillenerweiterung zur Folge.

Versuch 3. Ende. Tracheotomie behufs künstlicher Athmung. Das Rückenmark wie im zweiten Versuche blossgelegt und durchschnitten. Auf elektrische Reizung des centralen Endes des Rückenmarkes erfolgte deutliche Pupillenerweiterung.

Aus diesen Versuchen geht hervor, dass die Pupillenerweiterung, welche Grünhagen auf Reizung des Rückenmarkes eintreten sah, durchaus nicht beweist, dass der Sympathicus pupillenerweiternde Fasern enthält. Von den Säugethieren unterscheiden sich die Vögel dadurch, dass bei letzteren nur auf Reizung des centralen Rückenmarksendes die Pupille sich erweitert. Diese Erweiterung ist als Reflexwirkung anzusehen, wie folgender Versuch lehrt.

Versuch 4. Taube. Künstliche Athmung. Beide Tibialnerven freipraeparirt. Nach subcutaner Curareeinspritzung waren die Pupillen etwas weiter geworden. Reizung der centralen Tibialstümpfe hatte jedoch deutliche Pupillenerweiterung zur Folge.

Die beiden letzten Versuchsreihen zeigten uns also, dass der Sympathicus keine Fasern enthält, welche die Pupillenweite beeinflussen und dass die Reizung sensibler Spinalnerven oder des centralen Rückenmarksstumpfes eine Erweiterung der Pupille zur Folge hat.

4. Versuchsreihe. Da der Trigeminus bei den Vögeln an der Bildung der Ciliarnerven theilnimmt, Versuche aber lehren, dass bei Säugethieren fast alle pupillenerweiternden Nerven durch das Ganglion Gasseri und von hier durch den Ramus ophthalmicus zum Auge gelangen, so musste man schon a priori annehmen, dass auch bei den Vögeln diese Nerven durch den Ramus ophthalmicus gehen. Es war also nöthig, sich hierüber experimentell Gewissheit zu verschaffen.

Die Schiff'sche Methode der intracraniellen Trigeminusdurchschneidung gab, wie er selbst angiebt, keine befriedigenden Resultate. Bei meinen Versuchen verfuhr ich folgendermaassen. Ueber dem Ohr entfernt man die seitliche Schädelwand, wodurch das Corpus bigeminum freigelegt wird. Ohne Beschädigung der Dura wird das Corpus bigeminum etwas vom Schädelgrund emporgehoben und unter dasselbe kleine Schwammstückchen geschoben. Hierauf fasst man den Schädelgrund in die Branchen einer Knochenscheere, so dass die eine Schneide der Scheere so tief als möglich in den Gehörgang, die andere zwischen die Schädelbasis und das Corpus bigeminum kommt, und durchtrennt mit einem Schlage Alles, was in der Scheere liegt, folglich auch den Trigeminus. Hält man beim letzten Operationsact die Scheere perpendiculär zur Schädelwand, so durchtrennt man das Ganglion Gasseri. Die Blutung aus dem Ramus ophthalmicus art. carot. int. kann bei Tauben schneller als bei grossen Vögeln gestillt werden, obgleich sie auch bei letzteren nicht tödtlich wird. Bei Tauben lässt diese Methode der intracraniellen Trigeminusdurchschneidung wenig zu wünschen übrig. Die Operation geht in einigen Minuten vor sich, der Trigeminus wird vollständig durchschnitten und das Versuchsthier leidet nicht besonders darunter, weil es schon nach 24 Stunden fliegen und sogar in der Freiheit weiter fortleben kann. Weniger gute Resultate erhält man schon bei Hühnern, weil bei ihnen das verlängerte Mark sehr leicht hierbei verletzt wird. Bei Eulen ist die Blutung stark obwohl nicht tödtlich.

Versuch 1. Taube. Eröffnung der Schädelhöhle über dem rechten Ohr und Durchtrennung des Trigeminus. Die Pupille wurde hierauf etwas kleiner, kehrte jedoch bald zur Norm zurück. Die Reaction der Pupille auf Licht ist vorhanden. Die am anderen Tage vorgenommene Section zeigte, dass der Trigeminus oder vielmehr das Ganglion Gasseri vollständig durchschnitten war.

Versuch 2. Taube. Intracranielle Trigeminusdurchschneidung. Beim Durchschneiden erweiterte sich die Pupille, wurde nach einer halben Stunde aber wieder normal. Die Section wies vollkommene Durchtrennung des Ganglion Gasseri nach.

Versuch 3: Huhn. Intracranielle Trigeminusdurchschneidung. Während derselben schrie das Thier, obwohl chloroformirt, auf. Sogleich verkleinerte sich die Pupille bis zur Grösse eines Stecknadelkopfes und verharrte dabei ca. eine halbe Stunde. Wechsel der Beleuchtung hatte während dieser Zeit keinen Einfluss auf die Pupille. Es erschien mir, als ob das operirte Auge hierbei tiefer in der Orbita läge. Die Section ergab vollständige Durchtrennung des Ganglion Gasseri.

Versuch 4. Huhn. Intracranielle Trigeminusdurchschneidung. Beide Pupillen darauf eng. Leichte Berührung der Augenlider verstärkte die Pupillenverengerung und zwar viel bedeutender als im normalen Zustande. Die Section ergab, dass nur die äussere Hälfte des Ramus ophthalmicus n. trigemini durchschnitten war.

Versuch 5. Ente. Intracranielle Trigeminusdurchschneidung, bestätigt durch nachherige Section. Die Pupille an der operirten Seite sogleich stecknadelkopfgross. Diese Verengerung hielt über eine Stunde an und noch am anderen Tage war die Pupille an der operirten Seite enger als an der gesunden; die Cornea leicht getrübt, die Augenlider durch Eiter verklebt.

Versuch 6. Ente. Der Ramus ophthalmicus n. trigemini dicht bei seinem Eintritt in die Orbita durchschnitten. Die Pupille an der operirten Seite erweitert. Am andereren Tage die Cornea stark getrübt, die Augenlider mit Eiter verklebt. Da die Ente aus einer dunkeln Kammer herausgeholt wurde, so verengte sich die Pupille an der gesunden Seite. Bald jedoch wurde sie wieder weit und jetzt erschien im Vergleich zu ihr die Pupille an der operirten Seite enger. Da in diesem Versuch der Ramus ophthalmicus vor Abgabe irgend eines Zweiges durchschnitten wurde, so kann dieser Versuch den mit intracranieller Durchschneidung dieser Nerven zur Seite gestellt werden.

Versuch 7. Huhn. Die Schädelhöhle über dem rechten Ohr eröffnet. Ein scharfes Scalpell wurde darauf flach unter das Corpus bigeminum geführt, die Schneide nach unten gedreht und durch einen leichten Druck das Ganglion Gasseri durchtrennt. Die Pupille erweiterte sich sogleich, wurde unbeweglich und reagirte nicht mehr auf Lichtwechsel. Die Section ergab, dass zugleich mit dem Trigeminus der rechte Oculomotorius durchschnitten war. Ich wich in diesem Falle von der gewöhnlichen Operationsweise ab, um eine Blutung aus der Carotis interna zu verhüten.

Diese und noch viele andere in dieser Richtung von mir gemachten Versuche zeigen, dass das Resultat der Trigeminusdurchschneidung bei

Vögeln kein constantes ist. Den Vögeln gehen pupillenverengernde Fasern im Trigeminus ab, während solche bei Säugethieren von Budge, Cl. Bernard, Grünhagen und Rogow vorausgesetzt werden, da diese Forscher nach Durchschneidung des Oculomotorius und Trigeminus Pupillenverengerung auftreten sahen. Bei Vögeln hat die gleichzeitige Durchschneidung des Trigeminus und des Oculomotorius (Versuch 7) Pupillenerweiterung zur Folge. Durchschneidet man den Trigeminus allein, so erfolgt starke Pupillenverengerung (Versuch 3), welche mehr als eine halbe Stunde anhält. Diese Pupillenverengerung kommt nur bei dem intacten Oculomotorius zu Stande (Versuch 3 und 7), was darauf hinweist, dass dieser Effect das Resultat einer reflectorischen Reizung des Oculomotorius, vom centralen Trigeminusende aus, ist. Diese Voraussetzung wurde zur Gewissheit, als wir auf elektrische oder mechanische Reizung des centralen Trigeminusstumpfes, nachdem die Pupille sich schon wieder erweitert hatte, eine starke und schnelle Pupillenverengerung eintreten sahen. Zweitens hat die Reizung des intacten Trigeminus oder seines Ramus ophthalmicus in der Schädelhöhle oder in der Orbita eine Pupillenverengerung zur Folge. Drittens sah ich stets eine starke Verengerung der Pupille, wenn ich während der Operation unverletzte oder centrale Enden der Trigeminuszweige am Auge berührte. Viertens verengt sich die Pupille, wenn man die Cornea berührt oder das Augenlid mit der Pincette fasst. Eine gelungene Trigeminusdurchschneidung erkennt man daran, dass die Pupille auf Berührung der Cornea nicht kleiner wird.

Auf Grund des vierten Versuches kann man die Annahme pupillenerweiternder Nervenfasern im Trigeminus zurückweisen: der Ramus ophthalmicus war nur theilweise durchschnitten und doch trat Verengerung der Pupille an beiden Augen auf. Die Reizung des Trigeminus war hierbei eine starke. Die Pupille wurde noch kleiner, als man darauf noch das Trigeminusgebiet reizte. Im Allgemeinen sah ich, dass in Bezug hierauf die Empfindlichkeit der Vögel mit der Grösse wächst. Bei Tauben, wo die Schädelknochen porös und schwach sind, geschieht die Durchschneidung des Trigeminus viel leichter und schmerzloser, als bei den Hühnern und Enten, wo die Knochen viel compacter sind und eine grössere Kraft zu ihrer Durchtrennung, folglich auch stärkere Insultation beanspruchen. Doch kann man bei der Durchschneidung des Trigeminus die Reizung des peripheren Stumpfes auch nicht unberücksichtigt lassen. Es kann möglich sein, dass die Pupille sowohl auf die Reizung des centralen wie des peripheren Trigeminusstumpfes reagirt: beide Factoren können aber auch entgegengesetzte Wirkungen haben. Für letztere Voraussetzung spricht der Umstand, dass nach Trigeminusdurchtrennung bald Verengerung, bald Erweiterung, bald gar keine Veränderung (Interferenz) der Pupille constatirbar

ist. Die starke Entwickelung des M. sphincter pupillae bei den Vögeln macht es erklärlich, warum nach alleiniger Trigeminusdurchschneidung die Pupillenverengerung vorherrscht. Zur endgültigen Entscheidung dieser Frage sind Versuche mit directer Reizung des Trigeminus erforderlich.

5. Versuchsreihe. Beobachtungen über die Irisbewegung bei den Vögeln auf Reizung des centralen Rückenmarksendes nach vorhergegangener Trigeminusdurchschneidung.

Aus der dritten Versuchsreihe sahen wir, dass die Reizung des centralen Endes vom durchschnittenen Rückenmark oder irgend eines sensiblen Spinalnerven Pupillenerweiterung herbeiführt. Ausserdem sieht man bei Erstickung von Vögeln ebenso wie bei Säugethieren zuerst Verengerung und dann Erweiterung der Pupille. Durchschneiden wir nun den Trigeminus (oder seinen Ramus ophthalmicus), so muss die darauf folgende Reizung des centralen Rückenmarksendes oder irgend eines sensiblen Spinalnerven keine Erweiterung der Pupille an der operirten Seite geben, wenn die pupillenerweiternden Nervenfasern durch den Trigeminus zur Iris gelangen. Zu Versuchen dieser Art sind nur grössere Vögel tauglich (Enten), da Tauben alsbald eingehen, sobald man bei ihnen den elektrischen Strom durch das Rückenmark leitet. Um eine Blutung zu vermeiden ist der intracraniellen Trigeminusdurchtrennung die intraorbitale des Ramus ophthalmicus, vor der Abgabe des Ciliarnervenzweiges, vorzuziehen.

Versuch 1. Ente. Durchschneidung des Ramus ophthalmicus nervi trigemini dicht an seinem Eintritt in die Orbita. Am anderen Tage war die Pupille an der operirten Seite kaum merklich enger. Künstliche Athmung. Das Rückenmark in der Höhe der beiden letzten Halswirbel freigelegt und sorgfältig durchschnitten. Da es schon etwas dunkel wurde, so waren beide Pupillen sehr weit. Als hierauf das centrale Rückenmarksende gereizt wurde, erweiterte sich die Pupille des unversehrten Auges ein wenig während die der operirten Seite unverändert blieb. Bei stärkerem Strom war die Pupillenerweiterung des gesunden Auges noch merklicher. Die Ente ging bald ein.

Versuch 2. Taube. Intracranielle Durchtrennung des rechten Trigeminus, durch spätere Section bestätigt. Die beiden Tibialnerven ausprae-parirt. Künstliche Athmung. Subcutan Curare, worauf die Pupillen weiter wurden, jedoch rechts weniger als links. Elektrische Reizung der centralen Stümpfe der Tibialnerven hatte eine Erweiterung der linken Pupille zur Folge, während die rechte unverändert blieb.

Versuch 3. Taube. Intracranielle Durchtrennung des linken Trigeminus, durch Section bestätigt. Erstickung. Zugleich mit den Krämpfen

zeigte sich eine Verengerung der rechten Pupille, welche nach einiger Zeit einer Erweiterung Platz machte, auf welche wieder eine Verengerung folgte. Schliesslich blieb nur Eweiterung vorhanden, welche mehr und mehr zunahm. Die linke Pupille blieb die ganze Zeit über eng, bis sie endlich nach dem Tode der Taube sich erweiterte.

Diese Versuche erlauben den Schluss, dass alle pupillenerweiternden Nervenfasern bei Vögeln, welcher auch ihr Ursprung sei, durch den Ramus ophthalmicus nervi trigemini in's Auge gelangen.

6. Versuchsreihe. Beobachtungen über die Irisbewegung bei den Vögeln auf Trigeminusreizung.

Die Reizung des Trigeminus in der Schädelhöhle mittels des Inductionsstromes kann auf zweierlei Art vor sich gehen.

1. Die Schädelhöhle wird mittels einer Knochenscheere eröffnet, eine Hemisphaere und das Corpus bigeminum entfernt, der Trigeminus durchtrennt, entweder wie vorher angegeben, oder mit einem starken Scalpell. Bei letzterer Methode weiss man nicht gewiss, ob der im Knochen eingeschlossene Trigeminus ganz durchschnitten ist, oder nicht. Aber auch die frühere Methode wird der Blutung wegen, die bei geöffneter Schädelhöhle schwerer zu stillen ist, misslich: die Operation muss schnell beendet werden, bevor das Versuchsobject eingeht. Hierauf wird der periphere Trigeminusstumpf elektrisch gereizt.

Versuch 1. Ente. Einen Tag vorher war bei der Trigeminusdurchschneidung das Gehirn mit der Pincette verletzt worden, worauf sich die Pupillen erweiterten. Künstliche Athmung. An der gesunden Seite wurde die Schädelhöhle eröffnet, die Grosshirnhemisphaere und das Corpus bigeminum entfernt, der Trigeminus mit der Knochenscheere, deren eine Branche in den Gehörgang geführt wurde, durchschnitten. Nachdem die Blutung gestillt war, kamen die Elektroden an das periphere, nicht vollkommen isolirte Trigeminusende. Eine deutliche Erweiterung der Pupille konnte nicht notirt werden; das Auge drängte sich hervor und schwoll an. Dasselbe Resultat erhielt ich bei der Reizung des Ramus ophthalmicus in der Orbita. — Diese Operationsweise hat viele Nachtheile. Erstens tritt eine schwer stillbare Blutung auf, die für sich eine Pupillenerweiterung zur Folge hat, so dass eine etwaige Erweiterung in Folge der Trigeminusreizung schwerer bemerkbar wird. Zweitens ist der in der Schädelbasis eingeschlossene Trigeminus bei den Vögeln gar nicht isolirbar. Da der Oculomotorius daneben liegt, so kann er bei der Trigeminusreizung leicht mitgereizt werden, wodurch das Resultat zweideutig wird: es tritt sogar bei stärkeren Strömen Pupillenverengerung ein. Drittens ist das Ganglion Gasseri bei den Vögeln

nicht besonders gross und halb in Knochen vergraben. Das hier sich ansammelnde Blut erlaubt leicht einen Uebergang des Reizes auf den Oculomotorius. Schwache Ströme können nicht zur Anwendung kommen, weil die Pupillen schon weit sind. Durch die Operation und die dabei unvermeidliche Quetschung des Ganglion Gasseri verliert letzteres theils seine Erregbarkeit. Starke Ströme erreichen aber den Oculomotorius, worauf ich schon hingewiesen habe.

2. Entsprechend der Lage des Corpus bigeminum wird die seitliche Schädelwand entfernt, wobei eine Verwundung des starken Ramus ophthalmicus der Carotis interna zu vermeiden ist. Das Corpus bigeminum wird etwas gehoben und unter dasselbe Schwammstückchen gelegt. Um sich mehr Raum zu verschaffen, kann man die harte Gehirnhaut eröffnen und das Corpus bigeminum theilweise entfernen. Nach Reinigung des Operationsfeldes sieht man das Ganglion Gasseri. Seine Berührung mit einer Pincette ist vom Schrei und Pupillenverengerung des Versuchsthieres begleitet. Man durchschneidet das Ganglion Gasseri nach der angegebenen Methode mit der Knochenscheere. Es tritt eine starke Blutung auf, welche in einer halben Stunde gestillt werden kann. Die Pupille ist während dieser ganzen Zeit verengt. Die schwierigste Aufgabe besteht in der Entfernung der Schwämmchen aus der Wunde, ohne dass die Blutung sich erneuert, und im Aufsuchen des peripheren Trigeminusstumpfes zur isolirten Reizung. Da das Operationsfeld einen langen, engen Spalt darstellt, so ist der in der Tiefe desselben liegende Nerv schwer zu bemerken und von der Umgebung zu unterscheiden. Die Operation zieht sich hierdurch sehr in die Länge. Diese Methode hat das Gute für sich, dass während der ganzen Zeit die Pupillen eng bleiben. Als Versuchsobjecte dienten hierzu hauptsächlich Enten.

Versuch 1. Ente. Das Ganglion Gasseri nach der zweiten Methode durchschnitten. Die Reinigung der Wunde gelang vollkommen. Kam während dieser Procedur die Pincette mit dem peripheren Trigeminusstumpf in Berührung, so wurde das Auge hervorgedrängt und die Pupille stark erweitert. Da die Operation sich bis zum Abend hinzog, so mussten die Versuche bei Lampenlicht vorgenommen werden. Bei entsprechender Beleuchtung des Operationsfeldes sah man deutlich das durchschnittene Ganglion Gasseri und die von demselben abgehenden Aeste. Ein Druck mit einer spitzen Pincette an der Ursprungsstelle des ersten Trigeminusastes der peripheren Ganglionhälfte hatte augenblicklich starke Erweiterung der Pupille zur Folge. Mit Aufhören des Reizes stellte sich wieder Verengerung der Pupille ein. Der Versuch konnte mehrere Male wiederholt werden. Die Reizung des Ganglion Gasseri mittels des Inductionsstromes gab un-

bestimmte Resultate: bald trat Verengerung, bald Erweiterung der Pupille auf.

Versuch 2. Ente. Die seitliche Schädelwand entfernt, ebenso in kleinen Partikeln das Corpus bigeminum und ein Theil der Grosshirnhemisphaere. Die freigelegte Gehirnfläche trocknete bald ein und somit hörte auch die Blutung daraus auf. Nachdem der Trigeminus durchschnitten und die Blutung gestillt war, schritt man zur Reizung. Die Elektroden waren in ein Glasrohr eingelöthet, so dass die Enden nur daraus hervorsahen. Sie wurden an den peripheren Theil des Ganglion Gasseri gelegt und ein schwacher Strom durchgeleitet. Es trat eine deutliche und bedeutende Pupillenerweiterung auf. Da die Blutung sich erneuerte, so konnte der Versuch nicht wiederholt werden. Bald stellte sich Asphyxie mit ihren weiten Pupillen und schliesslich der Tod des Versuchsthieres ein.

Versuch 3. Taube. Entfernung der seitlichen Schädelwand und Durchtrennung des Trigeminus nach der üblichen Methode. Stillung der Blutung und Entfernung des Corpus bigeminum in kleinen Stücken. Nachdem das Operationsfeld gereinigt war, konnte man bei entsprechender Beleuchtung leicht den durch den Knochen hindurch schimmernden Ramus ophthalmicus nervi trigemini sehen. Eine in diesen Trigeminusast eingedrückte Nadel hatte eine starke Pupillenerweiterung zur Folge. Da die Blutung sich wieder erneuerte, so war es nicht möglich, den Versuch zu wiederholen.

Versuch 4. Taube. Die Versuchsanordnung wie vorher. Auch hier gelang es mir nur einmal, die Nadel in den Ramus ophthalmicus nervi trigemini zu führen, worauf eine starke Pupillenerweiterung auftrat.

Die meisten in dieser Richtung vorgenommenen Versuche misslangen; denn bei vorsichtiger und langsamer Operation gingen die Thiere ob der langen Dauer zu Grunde; operirte man dagegen schnell, so erlaubte die immerwährend sich erneuernde Blutung keine Orientirung im Operationsfeld. Kam ich zum Versuch, so erhielt ich nur auf mechanische Reizung Pupillenerweiterung. Mit Ausnahme des zweiten Versuches gab die Reizung mittels des Inductionsstromes ein unbestimmtes Resultat.

Da ein günstiger Ausgang bei diesen Versuchen mehr vom Zufall abhängt, so konnten sie mich persönlich wohl überzeugen, dass die Trigeminusreizung Pupillenerweiterung herbeiführt, zur Demonstration taugen sie jedoch nicht. Ich war deshalb gezwungen, ein mehr geeignetes Verfahren ausfindig zu machen.

Schon im anatomischen Theil dieser Arbeit habe ich die Methode zum Aufsuchen des Ramus ophthalmicus nervi trigemini in der Orbita, vor dem

Abgange des Ciliarnervenzweiges von ihm, beschrieben. Misslich ist nur der Umstand, dass das Operationsfeld eine tiefe von der concaven äusseren Orbitalwand und convexen Bulbusfläche begrenzte Spalte darstellt.

Im Nachfolgenden durchschnitt ich wie gewöhnlich das Ganglion Gasseri, suchte darauf den Ramus ophthalmicus in der Orbita auf, fasste ihn mit einer Pincette und reizte ihn durch einen mehr oder weniger starken Druck.

Versuch 1. Taube. Intracranielle Trigeminusdurchschneidung. Praeparation des Ramus ophthalmicus in der Orbita und Erfassen desselben mit der Pincette bei seinem Eintritt in die Orbita. Starke Pupillenerweiterung. Die Pincette entfernt. Nach einiger Zeit wurde die Pupille wieder enger. Am zweiten und dritten Tage noch war die Pupille an der operirten Seite enger als an der gesunden. Die Section ergab, dass das Ganglion Gasseri vollkommen durchschnitten, in dem Ramus ophthalmicus eine Einkerbung, der Oculomotorius, das Ciliarganglion und der Ciliarzweig des Ramus ophthalmicus aber intact waren.

Versuch 2. Taube. Intracranielle Trigeminusdurchschneidung. Der Ramus ophthalmicus wurde in der Orbita in eine Pincette gefasst und stark gedrückt. Es erfolgte eine starke Pupillenerweiterung. Nach einiger Zeit wurde die Pupille wieder kleiner, darauf aber wieder weiter und verblieb in dieser Lage bis zum anderen Tage.

Versuch 3. Taube. Die Schädelhöhle eröffnet, die Grosshirnhemisphaere und das Corpus bigeminum entfernt, das Ganglion Gasseri mittels der Knochenscheere durchschnitten. Die intracranielle elektrische Reizung des Ramus ophthalmicus blieb resultatlos auf die Pupille, ebenso eine solche desselben Nerven in der Orbita. Erfasste man aber den Ramus ophthalmicus in der Orbita mit der Pincette, so erfolgte eine starke Pupillenerweiterung.

Versuch 4. Taube. Nach der intracraniellen Trigeminusdurchschneidung wurde der Ramus ophthalmicus in der Orbita in eine Klammerpincette gefasst. Es erfolgte eine starke Pupillenerweiterung. Die Pincette fiel vom Nerven ab, wobei sie ein Stück vom letzteren mitnahm. Die Taube wurde getödtet. Die Section ergab, dass das Ganglion Gasseri durchnitten, vom Ramus ophthalmicus ein Stück nebst seinem Ciliarzweig ausgerissen, der Oculomotorius, das Ciliarganglion, der Ramus ciliaris nervi oculomotorii aber intact waren.

Versuch 5. Huhn. Das Ganglion Gasseri durchschnitten. Sobald der Ramus ophthalmicus in der Orbita mit der Pincette erfasst wurde, trat eine deutliche Erweiterung der Pupille auf. Als hierauf durch einige Tropfen einer schwachen Nicotinlösung eine Pupillenverengerung herbei-

geführt war, wurde der Ramus ophthalmicus wieder mit der Pincette gefasst, worauf die Pupille sich wieder erweiterte. Der Versuch konnte mehrere Male wiederholt werden.

Versuch 6. Taube. Intracranielle Trigeminusdurchschneidung. Als der Ramus ophthalmicus mit der Pincette erfasst wurde, erweiterte sich die Pupille. Entfernte man die Pincette, so wurde die Pupille sogleich enger. Eine Berührung des in der Pincette gewesenen Theiles des Ramus ophthalmicus mittels einer stumpfen Nadel hatte Pupillenerweiterung zur Folge. Sobald die Nadel entfernt wurde, verengte sich die Pupille wieder. Dieser Versuch mit der Nadel liess sich wiederholen. Die Section ergab, dass das Ganglion Gasseri durchschnitten, der Ramus ophthalmicus vor dem Abgange des Ciliarzweiges von ihm zerdrückt, der Oculomotorius, das Ciliarganglion und die Ciliarnerven aber intact waren.

Diese Versuche ergaben also, dass die mechanische Reizung des Ramus ophthalmicus an der angegebenen Stelle eine Pupillenerweiterung zur Folge hat. Besonders beweisend in dieser Hinsicht ist der 6. Versuch. Da die Kraft (oder der Druck), mit welcher der Nerv erfasst wird, sich nicht genau bemessen lässt, so wird es erklärlich, warum wir nicht immer ähnliche Resultate erhielten. War der Nerv vollkommen zerdrückt, so erfolgte keine Verengerung der Pupille nach dem Entfernen der Pincette. Die mechanische Reizung hat trotzdem ihre Vorzüge vor der elektrischen, wie der dritte Versuch zeigt, in welchem die letztere keinen Effect, die erstere aber wohl einen hatte.

Auf Grund dieser Versuche können wir also als bewiesen betrachten, dass die pupillenerweiternden Nervenfasern bei Vögeln durch den Ramus ophthalmicus n. trigemini zum Auge gehen.

7. Versuchsreihe. Ueber die Wirkung einiger Arzneikörper auf die Irisbewegung bei den Vögeln.

1. Atropin. Die Wirkung des Atropins auf die Pupillenweite bei den Säugethieren hat man verschieden erklärt. Nach E. H. Weber lähmt Belladonna den Oculomotorius und reizt den Sympathicus. 1853 behauptete de Ruiter, dass das Atropin den Oculomotorius zuerst schwächt und dann lähmt, und die Function des Sympathicus wahrscheinlich erhöht. Nach Grünhagen[1] paralysirt das Atropin den Oculomotorius ganz, den M. sphincter pupillae aber nicht ganz. Hirschmann[2] nimmt gleichfalls

[1] *Zeitschrift für rationelle Medicin.* Bd. 28.
[2] *Dies Archiv.* 1863.

Paralyse des Oculomotorius durch das Atropin an, giebt aber keine Reizung des Sympathicus zu, weil 1) die Reizung des Sympathicus die Pupille noch mehr erweitert (im Widerspruch zu de Ruiter) und weil 2) Zelenski zeigte, dass die Pupille eines atropinisirten Auges beim Tode durch Curarevergiftung noch weiter wird. Bernstein und Dogiel[1] fanden, dass 1) die Reizung des Oculomotorius im atropinisirten Auge von keiner Pupillenverengerung begleitet ist, dagegen 2) directe Reizung des M. sphincter pupillae auch im atropinisirten Auge eine Pupillenverengerung herbeiführt, und schliessen daraus, dass das Atropin die periphere Endverzweigung des Oculomotorius lähmt, ohne die Muskelelemente des Sphincters anzugreifen. In einer neueren Untersuchung behauptet Grünhagen,[2] dass die Atropinwirkung auf die Pupille duch Lähmung des M. sphincter pupillae zu erklären sei. Bezold und Bloebaum[3] sehen in der Atropinwirkung eine Lähmung der Oculomotoriusendigung und Herabsetzung der Reizbarkeit des M. sphincter pupillae. Sie setzen zwischen beide ein verbindendes Glied: Ganglienzellen — in der Iris voraus. Auf diese soll das Atropin zuerst wirken. Grünhagen[4] wendete hierauf ein, dass solche Gebilde noch nicht in der Iris entdeckt worden seien. Schiff[5] will in der Atropinwirkung nur eine Lähmung des Oculomotorius sehen, da die Pupille sich nach Durchschneidung dieses Nerven ebenso viel erweitert als durch Atropin. Argyll Robertson[6] wies darauf hin, dass bei spinaler Pupillenverengerung, wo die erweiternden Nervenfasern gelähmt sind, das Atropin eine mittlere Pupillenerweiterung herbeiführt, folglich durch Paralyse des Oculomotorius wirkt. Meuriot[7] sieht die Lähmung der Oculomotoriusendigung und Schwächung des M. sphincter pupillae durch Atropin als bewiesen an, lässt dabei aber als sehr wahrscheinlich eine Erregung der Sympathicusendigung zu, weil nach Durchschneidung (Budge, Cl. Bernard) und Paralyse (Ruete, Donders) des Oculomotorius das Atropin die Pupille noch weiter macht. Hierfür spricht noch der Umstand, dass nach einseitiger Durchschneidung des Sympathicus oder Ausreissen des Ganglion cervicale supremum die Pupillenerweiterung durch Atropin geringer ist, als auf der gesunden Seite.

Moriggia[8] fand bei Kaninchen, dass die durch Atropin ad maximum

[1] Zur Lehre der Irisbewegung. *Sonder-Abdruck aus den Verhandlungen des naturhistorisch-medicinischen Vereins zu Heidelberg.* 1866.

[2] *Zeitschrift für rationelle Medicin.* Bd. XXIX. S. 275—284.

[3] *Untersuchungen aus dem physiologischen Laboratorium zu Würzburg I.* 1867.

[4] *Berliner klinische Wochenschrift.* 1867. Nr. 7.

[5] A. a. O. S. 40.

[6] *Lancet.* Bd. I. p. 211—212.

[7] *De la méthode physiologique en thérapeutique et de ses applic. etc.* Paris 1868.

[8] *Reale Academia dei Lincei.* Estratto dal vol. IV. Serie 3.

erweiterte Pupille nach Exstirpation des Ganglion supremum n. sympathici kleiner wird. Reizung des Halssympathicus verstärkt die Erweiterung der atropinisirten Pupille; der Sympathicus ist also noch für stärkere Reize zugänglich. Ausserdem weist er darauf hin, dass die Erweiterung der Pupille nach Oculomotoriusdurchschneidung durch Atropin oder Reizung des Sympathicus noch verstärkt werden kann. Stellwag von Carion[1] nimmt ausser der Oculomotoriuslähmung eine Reizung der Sympathicusfasern, welche im Dilatator und in der Gefässmusculatur der Iris enden, an.

Die Untersuchungen von Rossbach und Froehlich[2] ergaben, dass nach minimalen Atropindosen eine Pupillenverengerung in Folge von Reizung der Oculomotoriusendigung auftritt. Schon etwas grössere Dosen erweitern die Pupille, wenn auch hier eine kurz andauernde Verengerung bemerkbar ist. Nimmt man noch grössere Dosen, so reizen diese auch die dilatatorischen Fasern und lähmen sie schliesslich. Somit erhält man nur bei mittelgrossen eine maximale Dilatation; sehr grosse Atropindosen geben nur eine mittelmässige Pupillenerweiterung. Die Pupillenverengerung nach kleinsten Atropindosen vertheidigt Rossbach[3] später gegen Krenchel.[4]

Mit der Erklärung der Irisbewegungen unter dem Einfluss der Arzneimittel ist die Frage nach den Factoren dieser Bewegungen innig verbunden.

Grünhagen giebt nur die Existenz des Sphincters zu. Die Erweiterung erklärt er durch elastische Elemente der Iris, auf welche der Trigeminus einen besonderen Einfluss ausüben soll. Seine Erklärung der Irisbewegung fand wenig Beifall.

Nach Stellwag von Carion kann der M. dilatator pupillae nicht allein die Pupille erweitern, denn sonst müsste die Iris einen dicken Wulst um die erweiterte Pupille bilden. Da nun die Dicke der Iris während ihrer Verkleinerung nicht merklich zunimmt, so muss man zugeben, dass die Gefässe während der Erweiterung der Pupille sich zusammenziehen, während der Verkleinerung aber erschlaffen. Die Mydriatica wirken nach Stellwag von Carion direct oder indirect auf die Gefässmusculatur, sie erregend, während Myotica sie im Gegentheil lähmen.

Was die Wirkung des Atropins auf die Gefässe anbetrifft, so existiren hier verschiedene Meinungen. Nach Brown-Séquard ruft Atropin Contraction, nach Schiff jedoch Erweiterung der Arterien hervor. Wegner fand, dass Atropin, unter die Ohrhaut eines Kaninchens gebracht, Erweiterung der Blutgefässe mit Temperaturerhöhung herbeiführt. Ebenso bemerkte er Gefäss-

[1] A. a. O.

[2] *Verhandlungen der Würzburger physiologisch-medicinischen Gesellschaft.* N. F. Bd. V. S. 1—79.

[3] Pflüger's *Archiv.* 1875. Bd. X. S. 383—464.

[4] *Archiv für Ophthalmologie.* Bd. XX. 1. S. 135—150.

erweiterung der Iris nach Atropineinträufelung in's Auge. Bezold sieht im Atropin ein Mittel, welches alle glatten Muskeln, folglich auch die Gefässmusculatur lähmt. Meuriot sah nach Atropinapplication Contraction der Arterien und Beschleunigung des Blutstromes in der Interdigitalmembran der Frösche und im Mesenterium der Ratte. Dasselbe erhielt Fraser und er glaubt, dass das Atropin Contraction des Dilatators und der Gefässmusculatur bewirkt.

Wir erhalten also fünf Gruppen von Erklärungen über Atropinwirkung auf die Irisbewegung:

1. Das Atropin lähmt die periphere Endverzweigung des Oculomotorius (Hirschmann, Bernstein und J. Dogiel, Schiff, Argyll Robertson u. s. w.).

2. Ausser der Lähmung der Oculomotoriusendigung durch Atropin besteht noch eine Parese des Sphincters (Budge, Grünhagen, Bezold und Bloebaum).

3. Das Atropin lähmt die Endverzweigung des Oculomotorius und reizt die des Sympathicus (Weber, Biffi, Cramer, Ruiter, Meuriot, Fraser, Schöler, Moriggia).

4. Das Atropin versetzt sowohl den Oculomotorius wie den Sympathicus zuerst in einen Reizzustand mit darauf folgender Paralyse (Rossbach und Froehlich).

5. Die Pupille erweitert sich in Folge der Atropinwirkung auf die glatte Gefässmusculatur der Iris (Fraser, Stellwag von Carion, Meuriot).

Schon Kieser[1] wies darauf hin, dass das Atropin bei Vögeln die Pupille nicht erweitert. Diese Angabe bestätigte Budge und Meuriot. Donders ist damit nicht einverstanden. Bei Tauben sah ich nie eine Erweiterung der Pupille nach Atropinapplication. Dieser Umstand spricht gegen die Theorie, welche in der Atropinwirkung auf die Gefässe die Ursache der Pupillenerweiterung durch dieses Mittel sehen, da die Irisgefässe der Vögel von solchen der Säugethiere nicht abweichen. Da auch ein Unterschied in der Wirkung des Atropins auf die Musculatur nach den Versuchen von Bernstein und Dogiel nicht annehmbar ist, so muss man den Grund der verschiedenen Wirkung des Atropins theils darin suchen, dass der Sympathicus bei Vögeln nicht auf die Pupille wirkt und dass der Oculomotorius bei diesen Thieren nicht in glatten, sondern in quergestreiften Muskeln endigt. Diese Erklärung wird um so wahrscheinlicher, wenn wir erwägen, dass Curare die Pupille bei den Vögeln erweitert. Es hat also

[1] Himly in Schmidt's *ophthalmologischer Bibliothek*. Bd. II, 3. S. 110.

jene Theorie der Atropinwirkung auf die Pupille bei den Säugethieren am meisten für sich, welche eine Lähmung der Endverzweigung des Oculomotorius und eine Reizung des Sympathicus durch dieses Mittel annimmt.

2. Curare. Bei Vögeln bewirkt das Curare Pupillenerweiterung. Auch bei Säugethieren erweitert das Curare die Pupille, jedoch indirect, durch CO_2-Anhäufung im Blute (Schiff),[1] da bei künstlicher Athmung diese Erscheinung nicht beobachtet wird. Starke Gaben von Curare führen zuletzt auch Paralyse des Oculomotorius herbei, nur später als bei allen anderen motorischen Nerven des Organismus (Gianuzzi,[2] Rogow). Drei Tropfen einer Curarelösung (0·008 Curare auf 1 Ccm Aqu. dest.) rufen bei Vögeln in zehn Minuten Erweiterung der Pupille hervor, bei innerlicher Anwendung tritt diese Wirkung des Curare viel später auf, obgleich sie vor der Lähmung der motorischen Rumpfnerven bemerkbar wird. Im letzteren Falle tritt vor der endgültigen Lähmung des Oculomotorius eine krampfhafte Pupillenverengerung auf.

Versuch 1. Taube. Drei Tropfen Curarelösung (in allen Versuchen in der angegebenen Concentration) in's rechte Auge. Nach zehn Minuten Erweiterung der Pupille und Verlust der Reaction auf Lichtwechsel. Intracranielle Oculomotoriusreizung hat rechts keine Verengerung der Pupille zur Folge, wohl aber links. In's rechte Auge Nicotinlösung (4 Tropfen von 0·1 Procent). Nach zehn Minuten hatte sich die Pupille um ca. 1 mm verkleinert.

Versuch 2. Taube. Vier Tropfen Curarelösung in's rechte Auge. Nach zehn Minuten Pupillenerweiterung mit Verlust der Reaction auf Lichtwechsel. Reizung der Ciliarnerven am Bulbus blieb resultatlos. Zwei Tropfen einer Eserinlösung (1:300) machte die Pupille kleiner, ebenso stellte sich Reactionsfähigkeit auf Lichtwechsel und Elektricität ein.

Versuch 3. Taube. Künstliche Athmung. Curarelösung subcutan. Die Pupille wurde etwas weiter. Elektroden an den Bulbus, in der Nähe der Ciliarnerven, applicirt, hatte starke Pupillenverengerung zur Folge. Noch einige Tropfen Curarelösung subcutan. Die Pupillen wurden schnell eng und darauf sehr weit. Elektrische Reizung des Bulbus blieb jetzt resultatlos, wohl aber trat Pupillenverengerung auf bei elektrischer Reizung des Sphinkters selbst. Mit Aufhören der Reizung wurde die Pupille wieder weit. Nicotinlösung (1:1000) rief eine deutliche Pupillenverengerung herbei.

---

[1] Pflüger's *Archiv.* 1871. S. 229.

[2] *Centralblatt für die medicinischen Wissenschaften.* 1864. S. 321.

Diese Versuche erlauben den Schluss, dass die Curarewirkung auf die Irisbewegung bei den Vögeln in der Lähmung der Endverzweigung des Oculomotorius besteht, ebenso wie Atropin die Oculomotoriusendigung in glatten Muskelfasern bei Säugethieren lähmt.

3. Eserin. Die myotische Wirkung der Calabarbohne entdeckte 1862 Fraser.[1] Rosenthal[2] erklärt die Calabarwirkung durch Sympathicuslähmung und wahrscheinliche Oculomotoriusreizung, weil die Sympathicusreizung mehr keine Pupillenerweiterung giebt und Calabar nach Atropinvergiftung nur eine mittlere Pupillenstellung herbeiführt. Nach Grünhagen ist nur Oculomotoriusreizung durch Calabar annehmbar; der Sympathicus soll intact bleiben, da seine Reizung noch Pupillenerweiterung giebt. Donders[3] weist darauf hin, dass alleinige Lähmung des Sympathicus nicht hinreicht die starke Pupillenverengerung und Verstärkung der Refraction zu erklären, folglich eine Contraction der durch Ciliarnerven versehenen Augenmuskeln zugegeben werden muss. Er lässt eine Sympathicusschwächung durch Calabar zu; denn während die Accommodation nach mittleren Eserindosen um die Hälfte verstärkt ist, ist die Pupille schon kleiner als bei starker Beleuchtung und starker Accommodation. Für die Dilatatorschwächung spricht noch der Umstand, dass die Pupillenverengerung einige Tage im höheren Grade anhält als der Accommodationskrampf. Aehnlich hat sich schon Robertson ausgesprochen. Bernstein und Dogiel bestätigen die Versuche von Rosenthal und nehmen eine ausschliessliche Lähmung der Sympathicusendigung an. Die Muskelfasern des Dilatators reagiren auf Elektricität, werden also nicht angegriffen, denn man erhält hierbei an Augen mit Calabar vergifteter Thiere ebensolche Erweiterung der Pupille als bei unvergifteten Thieren. Dieser Meinung schliesst sich auch Laschkewitsch[4] an. Nach Rogow jedoch bewirkt das Calabar nur eine Reizung des Oculomotorius und keine Sympathicuslähmung, da die Reizung des letzteren bei Kaninchen Erweiterung der durch Calabar verengten Pupille hervorruft. Schiff sieht in der Calabarwirkung eine centrale Oculomotoriusreizung, denn beim durchschnittenen Oculomotorius tritt durch dieses Mittel keine Pupillenverengerung hervor und wird solche durch Oculomotoriussection aufgehoben. Eine zeitweilige Paralyse des Sympathicus giebt er nur für grosse Dosen zu. Rossbach und Froehlich geben an, dass Eserin in kleinsten Dosen (Mgr.) eine Pupillenverengerung durch Reizung der Oculomotoriusendigurg herbeiführt. Grosse Dosen (0·01)

[1] *Transactions of the Royal Society of Edinburg.* vol. XXIV.
[2] *Dies Archiv.* 1863.
[3] A. a. O.
[4] *Archiv für pathologische Anatomie.* Bd. XXXV.

lähmen den Oculomotorius und erweitern die Pupille. Krenchel konnte das nicht bestätigen. Leblanc[1] weist darauf hin, dass Eserin die Pupille verengt, wenn der Oculomotorius durch Atropin oder andere Einflüsse paralysirt ist, weshalb er directe Wirkung des Mittels auf den M. sphincter pupillae annimmt. Er konnte durch Eserin an ausgeschnittenen Augen Pupillenverengerung bewirken. Schömann[2] behauptet jedoch, dass die Eserinwirkung nicht durch Affection des Sphinkters erklärt werden kann, weil durch Atropin vollkommen auf Lichtwechsel reactionslos gewordene Pupillen auf Eserin ebenfalls nicht mehr reagiren. Diese Angabe bestreitet Harnack.[3] Auch Weber[4] giebt an, dass ein Tropfen einer 1procentigen Eserinlösung in 20 Minuten die durch Atropin ad maximum erweiterte Pupille verengt. Alles das spricht für einen Antagonismus zwischen Atropin und Eserin. Letzteres reizt in mittleren Dosen die pupillenverengernden Fasern des Oculomotorius und lähmt die pupillenerweiternden Fasern des Sympathicus. Gleicher Antagonismus herrscht zwischen Atropin und Eserin in Bezug auf Accommodation und intraocularen Druck, wie Weber und Adamük angeben.

Nach Bezold und Götz soll das Eserin ein heftiges Reizmittel für die Nervenendigung in glatter Musculatur sein, folglich auch Gefässcontraction herbeiführen. Den hierdurch entstehenden Widerspruch zwischen der Wirkung des Eserins auf Gefässe und die Irisbewegung sucht Fraser dadurch zu heben, dass er angiebt, die glatten Muskeln würden durch directe Application des Eserin gelähmt, was bei der Wirkung dieses Mittels durch das Blut nicht bemerkbar wird. Dieses Verhalten sei leicht am Darm, Herzen und an kleinen Gefässen zu constatiren, in der Iris aber ruft locale Anwendung des Eserins zugleich mit der Pupillenverengerung Hyperämie hervor. Folglich soll durch Eserin der Dilatator und die Gefässmusculatur gelähmt werden. Hiergegen spricht ein directer Versuch von Donders und Hamer, welche fanden, dass die durch Eserin verengte Pupille sich auf Reizung des Sympathicus kaum bemerkbar erweitert, während die Gefässcontraction aber noch eintritt. Alle besprochenen Ansichten über die Eserinwirkung lassen sich folgendermaassen gruppiren:

1. Das Eserin ruft durch Lähmung der Sympathicusendigung Pupillenverengerung hervor (Rosenthal, Bernstein und Dogiel, Laschkewitsch).

---

[1] *Essai sur les modifications de la pupille etc.* Paris 1875.
[2] *Jahresbericht* von Hofmann und Schwalbe. 1880. Abth. 3. S. 138.
[3] *Archiv für experimentelle Pathologie.* Bd. II. S. 307.
[4] *Archiv für Ophthalmologie.* Bd. XXII. 2. S. 231.

2. Das Eserin reizt die periphere Oculomotoriusendigung (Robertson, Gräfe, Grünhagen, Rogow, Rossbach und Froehlich) oder dessen centrales Ende (Schiff).

3. Das Eserin reizt die periphere Oculomotoriusendigung und lähmt den Sympathicus (Donders, Schöler, Schömann).

4. Das Eserin wirkt auf den M. sphincter pupillae (Leblanc).

5. Ausser der Reizung des Oculomotorius und Lähmung des Sympathicus wird die Gefässmusculatur der Iris gelähmt (Fraser, Stellwag von Carion).

Im Widerspruch zur Behauptuug von Rottmann[1] sah ich, dass Eserin bei Vögeln (Huhn, Taube, Ente) starke Pupillenverengerung herbeiführte.

Versuch 1. Taube. Intracranielle Durchschneidung des Ganglion Gasseri; der Ram. ophthalmicus in der Orbita aufgesucht. Zwei Tropfen Eserinlösung (1:300) hatten Pupillenverengerung zur Folge. Auf mechanische Reizung des Ram. ophthalmicus wurde die Pupille weiter, verkleinerte sich aber, als auf's Neue ein Tropfen der Eserinlösung in's Auge kam. Hierauf erfolgte schon auf neue Reizung des Ram. ophthalmicus keine Pupillenerweiterung mehr.

Versuch 2. Taube. In's rechte Auge kamen vier Tropfen Curarelösung. Nach 10 Minuten erfolgte Pupillenerweiterung; die Reactionsfähigkeit auf Lichtwechsel war verloren, ebenso blieb Reizung der Ciliarnerven resultatlos. Auf Eserinapplication stellte sich in 10 Minuten Pupillenverengerung, Reactionsfähigkeit auf Lichtwechsel und Reizung der Ciliarnerven ein.

Versuch 3. Huhn. Die Ciliarnerven an ihrer Eintrittsstelle in den rechten Bulbus durchschnitten. Der Durchmesser der rechten Pupille hierauf 6 mm, der der linken 3 mm. Auf Eserinapplication (1:300) keine Veränderung der Pupillenweite im rechten Auge. Auch am anderen Tage blieb Eserin (1:100) wirkungslos auf diese Pupille. Das Huhn ging ein.

Versuch 4. Taube. Künstliche Athmung. Curare subcutan. Die Pupillen zeigten die gewöhnliche Curarewirkung, d. h. Erweiterung, krampfhafte Verengerung und schliesslich Erweiterung, nach welcher schon electrische Reizung der Ciliarnerven keine Verengerung herbeiführte. Die Taube ging ein. Hierauf in das eine Auge Nicotin (1:100), in das andere Eserin (1:300). In 15 Min. hatte das Nicotin die Pupille verengt, während das Eserin wirkungslos blieb.

[1] *Jahresbericht* von Hofmann und Schwalbe. 1875. Abth. 3. S. 78.

Der erste Versuch zeigt, dass die Pupillenverengerung nicht durch Lähmung der pupillenerweiternden Trigeminusfasern bedingt ist. Ob diese Fasern später gelähmt werden, lässt sich bei Vögeln nicht entscheiden. Obwohl bei stärkerer Eserinwirkung die Reizung des Ram. ophthalmicus keine Pupillenerweiterung mehr hervorruft, so kann man hier doch noch zwei Erklärungen zulassen: 1) Paralyse der pupillenerweiternden Trigeminusfasern, oder 2) zu starkes Uebergewicht des Sphinkters bei den Vögeln, weshalb die Dilatatorwirkung maskirt wird.

Der dritte und vierte Versuch sprechen gegen die Annahme einer Reizung des Sphinkters.

Im dritten Versuch waren die Ciliarnerven durchschnitten, im vierten alle Nerven gelähmt, während die Muskelfasern des Sphinkters in beiden Versuchen nicht angegriffen waren, da Nicotin im vierten Versuch Pupillenverengerung herbeiführte.

Somit können wir für Vögel mit Bestimmtheit angeben, dass das Eserin die periphere Oculomotoriusendigung reizt. Die Versuche aber lassen keine Entscheidung darüber zu, ob das Eserin die Endverzweigung des Sympathicus lähmt und die glatte Musculatur der Iris bei den Säugethieren reizt.

4) Nicotin. Hirschmann und Rosenthal (a. a. O.) erklären die Pupillenverengerung nach Nicotin nicht durch Oculomotoriuserregung, sondern durch Lähmung des Sympathicus; denn innerlich verabreicht zeigt das Nicotin keinen Einfluss auf die Pupille bei dem Auge mit durchschnittenem Trigeminus; auch Sympathicusreizung hat bei nicotinvergifteten Kaninchen und Hühnern keine Pupillenerweiterung zur Folge. Bernstein und Dogiel bestätigten diese Angabe Hirschmann's und zeigten ausserdem, dass die unmittelbare elektrische Irisreizung hierbei eine Erweiterung der Pupille zur Folge hat, folglich nicht die radialen Muskelfasern,sondern die Endverzweigungen des Sympathicus gelähmt sind. Grünhagen[1] kann nicht zugeben, dass der Sympathicus durch Nicotin gelähmt wird, weil er nach Pupillenerweiterung auf Sympathicusreizung sah und ausserdem an ausgeschnittenen Kaninchenaugen, mehrere Stunden nach dem Tode, durch Nicotin Pupillenverengerung hervorrief. Dass die Sympathicusreizung zuweilen keine Erweiterung der Pupille zur Folge hat, ist nach Grünhagen der starken Oculomotoriusreizung zuzuschreiben, welche die Dilatatorwirkung maskirt, In einer anderen Arbeit schreibt Grünhagen[2] dem Nicotin erregende Eigenschaften auf den Sympathicus zu. Rogow fand im Wider-

[1] *Archiv für pathologische Anatomie.* 1864. Bd. XXX.
[2] *Zeitschrift für rationelle Medicin.* Bd. XXVII.

spruch zu Hirschmann, dass das Nicotin die Pupille auch nach Trigeminusdurchschneidung verengt. Obgleich er zugiebt, dass die innerliche Anwendung von Nicotin die Sympathicuswirkung auf die Iris aufhebt, so sucht er die Nicotinwirkung doch durch Reizungszustand des Sphinkters oder des Trigeminus zu erklären. Rosenthal und Krocker[1] nehmen an, dass Nicotin den Sympathicus lähmt und den Oculomotorius reizt. Grünhagen hat sich ihnen angeschlossen. Surminski[2] wies darauf hin, dass das Nicotin den Sympathicus zuerst reizt und dann lähmt. Corso[3] endlich kam bei seinen Versuchen zum Schluss, dass das Nicotin auf alle Nerven der Iris, jedoch mit verschiedener Stärke, einwirkt. Gelangt das Nicotin in's Blut (curarisirter oder chloroformirter Hunde), so erfolgt Pupillenerweiterung in Folge Sympathicusreizung, kommt das Nicotin aber direct in's Auge, so greift es die Trigeminusverzweigung an und bewirkt Pupillenverengerung. Bezüglich der Nicotinwirkung auf die Gefässe fanden Basch und Oser[4] Contractionen derselben. Das harmonirt mit den früheren Beobachtungen von Nasse,[5] dass Nicotin glatte Muskeln zur Contraction anregt.

Nach meinen Untersuchungen ist bei Vögeln Nicotin zu den stärksten Myoticis zu rechnen und es ist ganz unerklärlich, wie Rollmann[6] behaupten konnte, dass das Nicotin auf das Vogelauge nicht wirkt. Bei Vögeln ist die Wirkung des Nicotins sogar viel schärfer ausgeprägt als bei den Säugethieren. Eine Nicotinlösung, welche auf das ausgeschnittene Auge eines Hundes keine Wirkung äussert, ruft eine deutliche Pupillenverengerung an ausgeschnittenen Tauben- und Entenaugen hervor. Pupillenerweiterung konnte ich mit Nicotin bei Vögeln nie erzielen.

Versuch 1. Huhn. Intracranielle Durchschneidung des Ganglion Gasseri. Der Ramus ophthalmicus in der Orbita auspraeparirt. Anfassen desselben gab eine starke Pupillenerweiterung. 1 Tropfen Nicotinlösung (1:1000) in's Auge. Nach 5 Minuten Pupillenverengerung. Anfassen des Ramus ophthalmicus mittels der Pincette hatte wieder Erweiterung der Pupille zur Folge. Dieser Versuch konnte mehrmals wiederholt werden.

Versuch 2. Taube. Durchtrennung des Ganglion Gasseri. Der Ramus ophthalmicus freigelegt. Nicotinlösung (1:1000) hatte in 5 Min.

---

[1] Ueber die Wirkung des Nicotins auf den thierischen Organismus. *Dissertation.* Berlin 1868.

[2] A. a. O.

[3] *Jahresbericht* von Hofmann und Schwalbe. 1878. Abth. 3. S. 116.

[4] *Wiener medicinischen Jahrbücher.* 1872. S. 367.

[5] *Beiträge zur Physiologie der Darmbewegung.* 1866.

[6] *Jahresbericht* von Hofmann und Schwalbe. 1875. Abth. 3. S. 78.

den Durchmesser der Pupille um 1 mm verkleinert. Anfassen des Ramus ophthalmicus mittels der Pincette machte die Pupille weiter. Wieder Nicotin mit neuer Pupillenverengerung. Danach gab die mechanische Reizung des Ramus opthalmicus schon kein Resultat mehr. In das andere Auge derselben Taube brachte ich Curare, worauf die Pupille sich erweiterte. Nicotin brachte neue Pupillenverengerung hervor. Neue Curaredosis hatte wieder eine Erweiterung der Pupille zur Folge. Durch Nicotin abermalige Verengerung der Pupille. So konnte der Versuch noch mehrere Male wiederholt werden.

Versuch 3. Taube. Die Taube wurde getödtet, die Schädelhöhle eröffnet und der Oculomotorius auspräparirt. Nach einiger Zeit gab weder Reizung des Oculomotorius noch der Ciliarnerven eine Papillenverengerung. Auf einen Tropfen Nicotinlösung erschien die Pupille stecknadelkopfgross.

Versuch 4. Taube. Künstliche Athmung. Subcutan Curare, worauf die Pupille sich etwas erweiterte. Berührte man mit den Elektroden die Bulbusstelle, an welcher die Ciliarnerven verlaufen, so erfolgt Pupillenverkleinerung. Neue Curaredosen hatten eine krampfhafte Verengerung mit darauf folgender starker Erweiterung der Pupille zur Folge. Die Taube ging ein. Die Ciliarnervenreizung blieb resultatlos, wohl aber erfolgte Pupillenverengerung auf Berührung der Cornea mit den Elektroden. Nicotin rief schnelle und starke Pupillenverengerung hervor, während Eserin auf das andere Auge wirkungslos blieb.

Versuch 5. Taube. Trigeminusdurchschneidung rechts. In die Rachenhöhle einige Tropfen Nicotinlösung gespritzt. Beide Pupillen werden sehr bald klein und elliptisch und verbleiben die ganze Zeit über in dieser Stellung. Nach einiger Zeit wurde mittels einer stumpfen Nadel eine Stich in die rechte Hälfte des verlängerten Markes gemacht, ohne dass die Pupillen in ihrer Weite eine Veränderung gezeigt hätten. Tod des Versuchsobjectes. Vor demselben keine asphyktische Pupillenerweiterung. Die Section zeigte, dass der Trigeminus vor dem G. Gasseri durchschnitten war und über der rechten Hälfte der Medulla oblongata in der harten Hirnhaut eine Oeffnung sich befand.

Die zwei ersten Versuche zeigen, dass das Nicotin die Pupillenverengerung durch Reizung des pupillenverengernden Nerven und nicht durch Lähmung der Erweiterer zu Stande bringt; denn die Reizung des Ramus ophthalmicus hatte eine deutliche Erweiterung der Pupille zur Folge. Beweisend in diesem Sinne ist auch der 5. Versuch, in welchem trotz durchschnittenem Trigeminus beide Pupillen durch innerliche Verabreichung des Nicotin verengt worden.

Der Antagonismus zwischen Nicotin und Curare (Versuch 2) beweist ferner, dass das Nicotin die Endverzweigung des Oculomotorius reizt. Ausserdem wird auch der Sphincter selbst gereizt, wie Versuch 3 und 4 lehren. Im 4. Versuch blieb Eserin wirkungslos auf das mit Curare vergiftete Auge, während Nicotin eine Pupillenverengerung herbeiführte. Die äusserst heftige locale Wirkung des Nicotins hat durch die Reizung der sensibeln Trigeminusfasern ebenfalls Pupillenverengerung zur Folge. Ob die Erweiterer durch Nicotin schliesslich gelähmt werden, ist schwer zu beurtheilen, obwohl wahrscheinlich. Im letzten Versuch rief die mechanische Reizung der Medulla oblongata keine Pupillenerweiterung hervor. Entweder konnten die Erweiterer nicht gegen die im gereizten Zustande befindlichen Verengerer aufkommen, oder die pupillenerweiternden Fasern waren gelähmt.

Es bleibt uns jetzt noch übrig den von verschiedenen Forschern verschieden aufgefassten Mechanismus der Irisbewegung zu betrachten.

Nach der Mehrzahl der Forscher existiren in der Iris zwei Muskeln: M. sphincter pupillae und M. dilatator pupillae. Ersterer wird bei Säugethieren und Vögeln vom Oculomotorius innervirt. Der Dilatator erhält seine Nerven bei den Säugethieren vom Sympathicus, bei den Vögeln vom Trigeminus. Diese Theorie hat also anatomische Grundlage.

Eine zweite Ansicht über die Irisbewegung wird besonders von Grünhagen und seinen Schülern vertreten. Nach Grünhagen besitzen Säugethiere und der Mensch keinen Dilatator. Der Pupillenverengerung steht der Sphinkter, vom Oculomotorius innervirt, vor. die Erweiterung kommt durch die Elasticität der Iris zu Stande. Die Pupillenerweiterung auf Reizung des Halssympathicus hängt mit der Innervation der Gefässmusculatur der Iris durch den Sympathicus zusammen.

Edgren[1] zu Upsala behauptet, dass Frösche zwar einen Sphinkter, jedoch keinen Dilatator der Pupille besässen. Die Erweiterung soll durch elastische Kräfte der Iris zu Stande kommen. Der Umstand, dass directe elektrische Reizung der Iris Pupillenerweiterung herbeiführt, wird durch die Contraction der Gefässmusculatur erklärt. Die Einwendung, dass in solchem Falle bei Leichen die Pupille ja stets ad maximum erweitert sein müsste, was jedoch nicht immer zutrifft, versucht Grünhagen dadurch zu entkräften, dass er auf einige Säugethiere (Hund, Katze) hinweist, bei welchen die Pupille nach dem Tode ad maximum erweitert sein soll. Die nach dem Tode auftretende Pupillenverengerung bei Kaninchen wird als eine Reizungserscheinung aufgefasst, welche durch besondere Behandlung des exstirpirten Auges vermieden werden kann, wie Schur,[2] ein Schüler Grünhagen's, angiebt.

[1] *Jahresbericht* von Hofmann und Schwalbe. 1878. Abth. 3. S. 116.

[2] *Zeitschrift für rationelle Medicin.* Bd. XXXI. S. 372.

Doch schon Winslow, Whytt, Fontana, Morgagni, Hesselbach Rudolphi, Brown-Séquard, Duval, Rochard und Petit, wie Budge[1] anführt, und er selbst haben beobachtet, dass die Pupillen erkalteter Leichen enger sind, als sie während des Lebens im Schatten waren. Ausserdem hat Merkel[2] nachgewiesen, dass die der Vorderfläche der Iris näher und concentrisch verlaufenden Bindegewebszüge viel stärker sind, als die an der hinteren Irisfläche radial verlaufenden, folglich müssten erstere ein Uebergewicht über letztere besitzen, wenn nur elastische Kräfte wirksam sind. Das Ungenügende dieser Erklärung liess Grünhagen zur Hypothese einer besonderen Wirkung des Trigeminus auf die Elasticität der Iris greifen, wovon er jedoch später zurückkam.

Eine dritte Ansicht über die Irisbewegung vertheidigt Rembold.[3] Nach ihm ist die Pupillenweite die Resultante zweier Kräfte: 1) des M. sphincter pupillae, der reflectorisch durch das Licht vom Opticus auf den Oculomotorius in Erregung versetzt wird und 2) der Gefässcontraction, welche ihrerseits vom jeweiligen Blutdruck abhängig ist.

Einen besonderen Dilatator der Pupille anzunehmen ist nach Rembold überflüssig, obwohl er die Existenz radialer Muskelfasern in der Iris nicht bezweifelt. Diese werden mit den Gefässen aus gleicher Quelle innervirt und unterstützen die letzteren. Rembold findet, dass seine Theorie im Widerspruch mit den Untersuchungen von Foà[4] steht. Letzterer fand, dass die Reizung der Hinterstränge des Rückenmarkes, nicht jedoch der Seiten- oder Vorderstränge oder der vorderen und seitlichen Partien der grauen Substanz (in der Höhe der letzten Halswirbel) von einer reflectorischen Pupillenerweiterung begleitet war. Wenn der Strom jedoch in die Nähe der Hinterstränge kam, so sah man eine vorübergehende Pupillenerweiterung, während der Blutdruck von 120 auf 180 mm anwuchs. Diesen Widerspruch sucht Rembold dadurch zu heben, dass er annimmt, die Reizung die Seitenstränge gäbe deshalb keine Pupillenerweiterung, weil diese in der Höhe der ersten Brustwirbel ausschliesslich für die Hinterextremitäten und die Bauchhöhle Vasomotoren entsenden, werden jedoch die Hinterstränge von den Stromschleifen erreicht, so contrahiren sich auch die Gefässe der übrigen Körpertheile und es tritt Pupillenerweiterung auf. Die Versuche von Foà hat Horwitz[5] an Katzen und Kaninchen wiederholt und gefunden, dass die Reizung der vollkommen von den Hintersträngen abgesonderten Vorderstränge des Rückenmarkes von deutlicher Pupillen-

[1] A. a. O.

[2] *Zeitschrift für rationelle Medicin.* Bd. XXXI. S. 136. 139. 142.

[3] Ueber Pupillarbewegung. *Dissertation.* Tübingen 1878.

[4] *La pupille considerée comme esthesiomètre.* Paris 1875.

[5] *Jahresbericht* von Hofmann und Schwalbe. 1877. Abth. 3. S. 110.

erweiterung begleitet war. Gegen diese Theorie von Rembold sprechen auch die Versuche von François Franck.[1] Bei Sympathicusreizung decken sich die Erhöhung des Blutdrucks im peripheren Abschnitt der Carotis interna und die Erweiterung der Pupille durchaus nicht. Ausserdem fanden Bessau[2] und Grünhagen, dass Pupillenerweiterung ohne Blutdruckserhöhung durch elektrische Reizung der Grosshirnoberfläche zu erzielen ist. Schon früher hat Nawalichin[3] gezeigt, dass die Unterbindung der Aorta unter dem Diaphragma, also starke Erhöhung des Blutdruckes im Vordertheile keine ausgeprägte Pupillenveränderung zur Folge hat. Vermehrung der Blutmenge im Gefässsystem durch Transfusion defibrinirten Blutes ist sogar von Pupillenverengerung begleitet.

Diejenigen Forscher, welche die Irisbewegung zweien, von ihnen nachgewiesenen Muskeln zuschreiben, haben hierfür ausser anatomischen noch directe, physiologische Beweise vorgebracht:

1. Bernstein und Dogiel[4] sahen Pupillenerweiterung, wenn sie Elektroden an entgegengesetzte Punkte des Limbus corneae eines eben getödteten Thieres oder eines ausgeschnittenen Auges legten. Die Application doppelter Elektroden ist von Pupillenverengerung begleitet. Diese Beobachtung ist von Engelhardt[5] an lebenden Individuen bestätigt worden. Ausserdem erhielt er durch schwache elektrische Reizung der Radialfasern eine verlängerte, elliptische Pupille. Letzterer Umstand spricht wider Grünhagen,[6] der behauptete, dass die Ciliarnervenverästelung eine isolirte Reizung der Muskeln gar nicht zulasse, und dass bei Kaninchen die Pupille sich hierbei erweitert, weil bei diesem Thiere der Sympathicus kräftiger sei, als der Oculomotorius. Engelhardt hat noch folgenden Versuch gemacht: die Pupille durch Extr. calabar. stark verengt. Reizung des oberen Stumpfes des Halssympathicus giebt keine Erweiterung; eine solche trat aber ein, sobald die Elektroden an den Limbus corneae gebracht wurden. Dieser Versuch stellt ausser Zweifel, dass hierbei nicht durch Gefässcontraction die Pupille erweitert wird, denn sonst müsste Sympathicusreizung gleiche Wirkung haben, da sich die Gefässe der mit Calabarextract behandelten Iris ja durch Sympathicusreizung contrahiren, wie Donders und Hamer es gezeigt haben.

---

[1] *Travaux du Laboratoire de M. Marey. Années* 1878—79.

[2] *Jahresbericht* von Hofmann und Schwalbe. 1878. Abth. 3. S. 99.

[3] *Arbeiten aus dem physiologischen Laboratorium der Universität zu Kasan.* Bd. I. 1869.

[4] A. a. O.

[5] *Untersuchungen aus dem physiologischen Laboratorium in Würzburg.* 1869. Heft IV.

[6] Pflüger's *Archiv.* 1870. Bd. III.

2. François Franck brachte Beweise bei, dass die Vasomotoren und die Erweiterer der Pupille im Halssympathicus vereint, über dem Ganglion cervicale supremum auseinandergehen: die Vasomotoren begleiten die Carotis, die Erweiterer der Pupille gehen unabhängig vom Carotisgeflecht zum G. Gasseri. Schon Cl. Bernard hatte auf den isolirten Verlauf dieser beiden Fasergruppen an verschiedenen Stellen des Rückenmarks hingewiesen.

3. Bei der Reizung einzelner Ciliarnerven fand François Franck[1] keine Veränderung in der Blutcirculation, weder während der Verengerung noch während der Erweiterung der Pupille. Die Circulation beobachtete er 1) durch das Ophthalmoskop in den Gefässen der Retina und 2) durch ein Manometer, welches den intraocularen Druck anzeigte.

4. Arlt jun.[2] zeigte, dass bei der Reizung des Halssympathicus die Pupillenerweiterung nicht mit der Gefässcontraction des Ohres zusammenfällt. Die Pupille erweitert sich früher ad maximum, als die Gefässe des Ohres sich zusammenziehen und erstere war schon zur Norm zurückgekehrt als letztere noch ad maximum contrahirt waren. Da nun kein Grund vorliegt anzunehmen, dass die Gefässe der Iris sich anders verhalten als die Gefässe anderer Körpertheile eines Sympathicusgebiets, so wird wohl die Pupillenerweiterung nicht durch Gefässcontraction zu erklären sein. Grünhagen giebt allerdings an, dass die Gefässcontraction sich nach 0·84 Sec., die Pupillenerweiterung aber nach 0·78 Sec. nach der Sympathicusreizung einstellt. Die graphische Methode zeigte ihm, dass von der Reizung des Sympathicus bis zur Gefässcontraction nur 0·6 Sec. vergehen. Doch François Franck wiederholte diese Versuche und fand: 1) dass die Pupille sich bei der Sympathicusreizung vor dem Beginn der Gefässcontraction erweitert; 2) dass das Maximum der Pupillenerweiterung vor dem Maximum der Gefässcontraction erreicht wird; 3) dass die Pupillenerweiterung nicht so lange anhält wie die Gefässcontraction, denn sie fängt an sich zusammenzuziehen, während die Gefässcontraction noch anhält; 5) dass die Pupille schon eng geworden ist, bevor die Gefässerweiterung sich eingestellt hat. Das Manometer verband François Franck mit dem peripheren Ende der Carot. int. Die Resultate von Grünhagen erklärt er durch den Gebrauch starker Ströme, wobei man nicht schnell genug die Pupillenerweiterung constatiren kann. Ausserdem konnten Klein und Svethin[3] an Katzen und Kaninchen weder auf Reizung des sorgfältig isolirten Sympathicus unterhalb des Ganglion cervicale supremum, noch auf Extraction dieses Ganglions eine Lumenveränderung der Retinalgefässe bemerken.

[1] A. a. O.

[2] *Archiv für Ophthalmologie.* Bd. XV. 1. S. 294—317.

[3] *Jahresbericht* von Hofmann und Schwalbe. 1878. Abth. 3. S. 104.

5) Da man Irisbewegung an verbluteten Thieren hervorrufen kann, so wird der Einfluss der Blutgefässe auf diesen Process sehr unwahrscheinlich. Durchschneidet man einem Thier den Halssympathicus und lässt es darauf verbluten, so erweitert sich die Pupille auf der genannten Seite. Oeffnet man bei einem verbluteten Thiere die Schädelhöhle und durchschneidet den Oculomotorius, so erweitert sich die schon weite Pupille nicht noch mehr. Durchschneidet man aber den Oculomotorius verbluteter Thiere nach vorhergegangener Sympathicusdurchschneidung, so erweitert sich die Pupille. Reizung des Oculomotorius hat Pupillenverengerung zur Folge.

Moriggia[1] beobachtete, dass die durch Atropin ad maximum erweiterte Pupille beim Kaninchen sich in einigen Secunden verengt, wenn das Thier durch Eröffnung des Herzens getödtet wird. Die Verengerung dauert 15 Minuten an und geht dann in Erweiterung über. Nach Moriggia spricht auch dieser Umstand gegen die Gefässtheorie der Irisbewegung.

6) Hippel und Grünhagen[2] behaupten, dass bei Katzen die Sympathicusreizung anfangs eine Erhöhung und dann eine Erniedrigung des intraocularen Druckes zur Folge hat. Dieses Resultat erklärten sie durch Contraction des Orbitalmuskels und der Gefässe des Auges.

Eine Erhöhung des intraocularen Druckes auf Sympathicusreizung sah auch François Franck. Als er jedoch bei Hunden die Ciliarnerven reizte, welche beim Hunde Pupillenerweiterung erzeugen, so erfolgte letztere ohne Veränderung des intraocularen Druckes. Die intracraniale Reizung des Oculomotorius zeigt gleichzeitig mit der Pupillenverengerung eine deutliche Zunahme des intraocularen Druckzs, was jedoch durch den Druck der den Bulbus bewegenden Muskeln, welche der Oculomotorius innervirt, zu erklären ist. Reizt man die Ciliarnerven, welche Pupillenverengerung bewirken, so erfolgt diese ohne Veränderung des intraocularen Druckes.

7) Nach Grünhagen soll die Existenz eines quergestreiften Dilatators der Pupille bei den Vögeln nicht für das Vorkommen eines solchen bei den Säugethieren sprechen, weil 1) die Radialfasern in der Vogeliris eine Pupillenverengerung bewirken können; 2) die Pupillenerweiterung auf Sympathicusreizung bei den Vögeln der allmählichen Entstehung halber mehr der der Säugethiere gleicht, während bei quergestreifter Musculatur eine viel schnellere Bewegung erfolgen müsste. Hieraus schliesst Grünhagen, dass die Radialfasern bei Vögeln auch zur Verengerung der Pupille dienen, die Erweiterung derselben aber durch Gefässcontraction zu Stande kommt. Der Sympathicus wurde von Grünhagen durch Einführen zweier Nadeln

[1] *Reale Accademia dei Lincei. Estratto dal* Vol. IV. Serie 3.
[2] *Archiv für Ophthalmologie.* Bd. XIV, XV, XVI.

in das Halsmark curarisirter Tauben und Durchleiten des elektrischen Stromes durch dieselben gereizt. Erwägt man aber 1) dass die Reizung des Sympathicus bei den Vögeln keine Pupillenerweiterung zur Folge hat und 2) dass in Grünhagen's Versuchen die Pupillenerweiterung das Resultat der reflectorischen Erregung des pupillenerweiternden Centrums im verlängerten Marke war, so beweist sein Versuch nicht die von ihm vertretene Meinung.

8) Bei den Vögeln hat der Sympathicus keinen Einfluss auf die Irisbewegung. Dieser Umstand spricht gewiss für die Unabhängigkeit der Irisbewegung vom Lumenwechsel der Gefässe derselben, da auch letztere bei den Vögeln vom Sympathicus versorgt werden; denn Vulpian sah nach Durchschneidung eines Sympathicuszweiges oberhalb des G. supremum cervicale, an der entsprechenden Seite der Maulhöhle und Conjunctiva eine stärkere Gefässfüllung, ohne dass die Weite der Pupille sich verändert hätte.

Somit muss die Ansicht, welche die Theilnahme der Blutgefässe bei der Irisbewegung voraussetzt, als vollkommen unbewiesen bezeichnet werden, ja wir haben vorläufig sogar kein Recht, darüber weder bei Vögeln noch bei den Säugethieren und Menschen zu sprechen.

Zieht man dagegen in Betracht, dass bei den Säugethieren ein M. sphincter pupillae zweifellos vorhanden ist, die meisten Forscher auch die Existenz eines M. dilatator pupillae zugeben, bei Vögeln aber der Sphincter sowohl als auch der Dilatator sehr leicht demonstrirbar sind, berücksichtigt man ausserdem, dass es mir gelungen ist bei den Vögeln einen besonderen Nerven (Ramus ciliaris n. trigemini), der die Erweiterung der Pupille bewirkt, nachzuweisen und dass der Sympathicus bei den Vögeln auf die Pupillenweite einflusslos ist: so kann nur die Theorie der Irisbewegung, welche diese durch die Thätigkeit zweier gesonderten Muskeln zu Stande kommen lässt, als die einzig richtige bezeichnet werden.

Erklärung der Abbildungen.

Fig. 1. Ciliarnerven der Taube. *a.* Ganglion Gasseri. *b.* Ramus primus nervi trigemini. *c.* Ramus tertius nervi trigemini. *d.* Ramus secundus nervi trigemini. *e.* Ganglion ciliare. *f.* Ramus ciliaris nervi trigemini. *g.* Ramus inferior nervi oculomotorii. *h.* N. trochlearis. *i.* Nn. ciliares. *k.* N. abducens, abgerissen und nach unten gezogen.

Fig. 2. Ciliarnerven der Taube.

Fig. 3. Ciliarnerven des Huhns. *a.* Ganglion Gasseri. *b.* Zweiter Trigeminusast. *c.* Erster Trigeminusast. *d.* Ramus ciliaris des ersten Trigeminusastes. *e.* N. oculomotorius. *f.* Ganglion ciliare. *g.* Ramus inferior n. oculomotorii. *h.* Nn. ciliares.

Fig. 4. Ciliarnerven der Taube (halbschematisch). *a.* Ganglion Gasseri. *b.* Erster Trigeminusast. *c.* Ramus ciliaris des ersten Trigeminusastes. *d.* Ramus ciliaris n. oculomotorii. *e.* Ganglion ciliare. *f.* Nn. ciliares. *g.* N. opticus.

Fig. 5. Ciliarnerven der Taube (vergrössert). *a.* Erster Trigeminusast. *b.* Ramus ciliaris des ersten Trigeminusastes. *c.* Ganglion ciliare. *d.* N. oculomotorius. *e.* Nn. ciliares.

Versuche über den Einfluss der Temperatur auf die Respiration des ruhenden Muskels.

Von

Dr. Max Rubner.

(Aus dem physiologischen Institut zu Leipzig.)

1. Einleitung.

Zu den schwierigsten und verwickeltsten Untersuchungen gehört das Studium der Respiration der einzelnen Organe und trotz der ernstesten Bemühungen hält es schwer in diesem Zweige der Biologie fortzuschreiten. Ueberdies eignen sich nur wenige Organe für eine directe Untersuchung. Aus naheliegenden Gründen hat am häufigsten noch der Muskel als Versuchsobject gedient. Die einfachsten und ursprünglichsten Methoden haben G. Liebig,[1] Valentin,[2] und Matteucci[3] geübt, indem sie herausgeschnittene Froschmuskeln in einen abgegrenzten Luftraum brachten und auf mehr oder minder zuverlässige Weise die Aenderung des Gasgehaltes untersuchten.

Es zeigte sich, dass der Muskel auch ohne in Contact mit dem Körper zu sein, eine Respiration habe; dieses war allerdings nicht sehr auffallend, da man ja die vorzüglichsten Lebenseigenschaften nach dem Ausschneiden des Muskels persistiren sah und den engen Connex zwischen Lebenseigenschaften und Chemismus zu würdigen gelernt hatte. Aber eine auffallende

[1] *Dies Archiv.* 1850. S. 393 ff.

[2] *Archiv für physiologische Heilkunde.* Bd. XIV. S. 431 ff.

[3] *Annales de Chimie et de Physique.* 1856. t. XLVII. p. 129 et suiv.

Neuerung brachten die Versuche doch — die Thatsache nämlich, dass auch in O-freien Räumen die Muskeln zu leben vermochten, indem sie CO_2 aushauchten.

War nun auch in grossen Zügen durch die genannten Autoren das Richtige getroffen, so war es doch zweifellos ein Verdienst Hermann's,[1] dass er diese mit einfachen Mitteln am Froschmuskel gefundenen Thatsachen mit Hülfe der durch Bunsen verbesserten Gasanalyse auf's Neue prüfte und durch variirte Versuchsanordnung wirklich sicher stellte. In den älteren Versuchen war namentlich gar keine Rücksicht darauf genommen, dass die ausgeschnittenen Muskeln neben Lebensprocessen auch Fäulnissprocesse zeigen mussten. Hermann[2] hat auf letztere sein besonderes Augenmerk gerichtet und hielt nur die CO_2-Production der ausgeschnittenen Muskeln für erwiesen; die beobachtete Zehrung von O bezog er aber nicht auf Lebensprocesse. Wenn man nun die Eigenschaften, welche der ausgeschnittene Muskel zeigt, auf die Verhältnisse am lebenden Organismus übertragen darf, so war man also zu der Anschauung gekommen, dass der O nicht die unmittelbare Ursache für die Verbrennung war; dass aber der O doch für die normale, andauernde Functionirung des Muskels unersetzbar ist, war indess schon durch andere Versuche dargethan. Die Untersuchungen von Ludwig[3] und Sczelkow hatten ergeben, dass von den Muskeln der Warmblüter, wenn sie im Zusammenhang mit den übrigen Organen untersucht werden, nicht allein CO_2 ausgehaucht, sondern auch O aufgenommen wird. Der Muskel ist also nicht absolut unabhängig von der O-Zufuhr; dagegen sind O-Aufnahme und CO_2-Abspaltung zeitlich trennbar.

Indem nun Hermann auch noch die Beobachtungen über die Betheiligung des Myosins an der Muskelcontraction, sowie die damaligen Kenntnisse über die Milchsäurebildung combinirte, meinte er annehmen zu dürfen, dass bei der Thätigkeit des Muskels zunächst eine complicirte Substanz zerlegt werde, die neben Myosin Milchsäure und CO_2 liefere, aber durch Synthese der festen Zerfallsproducte mit ernährenden Molekülen und O auf's Neue regenerirt werden könne.[4] Es wird später Gelegenheit sein auf diese Hypothese zurückzukommen.

Ludwig und Sczelkow haben die alten Untersuchungsmethoden verlassen und den Muskel in seiner natürlichen Lage untersucht. Sie verfuhren so, dass sie den Gasgehalt des zu- und des abströmenden Blutes prüften. Sie

---

[1] *Untersuchungen über den Stoffwechsel der Muskeln, ausgehend vom Gaswechsel derselben.* Berlin 1867.

[2] A. a. O. S. 38—39 und S. 66.

[3] *Sitzungsberichte der Kais. Akademie der Wissenschaften zu Wien.* Mathematisch-naturwissenschaftliche Classe. 1862. Bd. XLV, II. S. 190 ff.

[4] A. a. O. S. 69 ff.

fanden bei normalen Muskeln auch im Ruhezustande eine O-Zehrung und CO_2-Bildung; bei Durchschneidung der Nerven war die Qualität des Chemismus nicht geändert. Die Thätigkeit steigert sowohl O-Aufnahme als CO_2-Bildung; beide nicht in gleichem Grade; denn der respiratorische Quotient aller bei ruhenden Muskeln angestellten Versuche war[1] 0·797, bei der Thätigkeit aber 0·986, d. h. die CO_2-Ausscheidung nimmt rascher zu als die O-Aufnahme.

Ein Mangel dieser Methodik war, dass nur qualitative Versuche sich ausführen liessen, indem die Blutgeschwindigkeit und die Menge der durchspülten Muskelsubstanz unbekannt war. Diesem Uebelstande aber hatten Ludwig's Bemühungen alsbald abgeholfen, indem er zeigte, dass ein aus dem Körper herausgeschnittener Warmblütermuskel bei Durchspülung mit defibrinirtem Blut sich bis an 20 Stunden am Leben erhalten lasse. Es waren somit alle Bedingungen gegeben, um den Chemismus der Athmung des Muskels näher zu verfolgen. Wie fruchtbar diese neue Methode werden konnte, haben Ludwig und C. Schmidt gezeigt, indem sie die wesentlichsten Beziehungen der Muskelerregbarkeit, der Leistungsfähigkeit und der Ermüdung verfolgten. Auch über die näheren Beziehungen des O zu den Erscheinungen der Ermüdung sind Aufschlüsse erhalten worden. Man wendet aber häufig gegen die bisherigen Untersuchungsmethoden der Organe, die wir skizzirt haben, ein, die aus den Versuchen sich ergebenden Schlüsse hätten keine Beweiskraft für den Ablauf der Processe im Organismus selbst, weil die Versuchsbedingungen viel zu verschieden von den normalen Lebensbedingungen wären.

Es liegt etwas Wahres in diesem Einwande; dass die Versuchsbedingungen vielfach anders sind, als die Lebensbedingungen im Körper, ist richtig. Aber das will man ja eben; nur durch Variation der Bedingungen und der Untersuchung des Erfolges der Variirungen können wir nähere Kenntnisse von den Lebensprocessen der Organe erhalten. Man wird sich freilich vor einer blinden Uebertragung aller Resultate auf die Verhältnisse im Körper selbst hüten müssen.

Die Fragen, welche wir über den Lebensvorgang im Muskel zu stellen haben, sind keineswegs schon alle beantwortet, so ist z. B. der Einfluss hoher und niedriger Temperatur auf den ausgeschnittenen Muskel noch nicht festgestellt, wenn wir zunächst von der kurzen Notiz Hermann's,[2] dass die CO_2-Bildung bei 40 bis 50° schneller erfolgte, als 20 bis 30° absehen. Die Frage der Abhängigkeit der Respiration von der Temperatur des Muskels hat ein ganz ausserordentliches theoretisches Interesse und ich

[1] A. a. O. S. 199.
[2] A. a. O. S. 16.

bin daher gerne der Aufforderung meines verehrten Lehrers, Prof. C. Ludwig, nachgekommen, diese Frage aufzunehmen. Es sind aber durch die später mitzutheilenden Versuche keineswegs alle Einwirkungen der Temperatur auf die Respiration gelöst worden, aber in allgemeinen Zügen lässt sich doch die Beziehung beider kennzeichnen.

Die Methodik, nach welcher bei derartigen Versuchen zu verfahren ist, haben zwar schon Ludwig und C. Schmidt[1] bekannt gemacht; es wäre daher denkbar gewesen, die gestellte Aufgabe mit den gleichen Hülfsmitteln zu lösen.

2. Methodik.

Ludwig und C. Schmidt haben zuerst den Biceps fem. des Hundes zu ihren Versuchen benutzt. Wie es aber in der Natur der Sache lag, war stets eine mühsame und zeitraubende Praeparation nöthig, indem der Muskel ganz aus seiner natürlichen Umgebung geschält werden musste, und es waren viele Unterbindungen zu machen, ehe eine tadellose Durchspülung des Muskels zu erreichen war, d. h. ehe jegliche Nebenblutung aus den Gefässen stillstand. Die ersten Bemühungen meinerseits zielten dahin ab, ein anderes leichter herzustellendes Praeparat zu den Durchblutungen zu erhalten, das wo möglich aber auch dem Biceps gegenüber den Vortheil einer grösseren Muskelmasse bieten sollte.

Injectionsversuche mit Berliner Blau zeigten, dass diesen Bedingungen das ganze unversehrte Hinterbein eines Hundes genügte, wenn man dabei in bestimmter Weise verfährt. Im Allgemeinen war die Praeparationsmethode folgende: bei einem durch Verblutung getödteten Thiere wird rasch die A. iliac. comm. durch eine vorläufige Ligatur geschlossen; sodann die Bauchdecken etwa in der Mitte zwischen Nabel und Symphys. oss. pub. senkrecht zu dem Eröffnungsschnitt der Bauchhöhle durchtrennt, das Rückgrat durchgesägt. Alsdann setzt man in thunlichster Eile eine starke Canüle in die A. iliaca ein, unterbindet die an die Bauchwand gehenden arteriellen Zweige; der Penis[2] wird durch einen stärken Messingdraht so weit als möglich an seiner Wurzel abgebunden. Unterhalb des Kniees wird gleichfalls durch kräftige Drähte die Abbindung vollzogen. Unter diesen Verhältnissen wird, wie man sich durch Injectionen überzeugen kann, nur der Oberschenkel mit Blut versorgt. Alles rückfliessende Blut strömt durch die Vena cruralis ab, in welche man eine, der arteriellen Canüle ähnliche,

[1] A. a. O.

[2] Es wurden bis auf einen Fall nur männliche Hunde verwendet.

mit starkem Glashalse einsetzt. Allerdings kann man bemerken, dass dann und wann durch Venen des Rückenmarkcanales ein geringer Blutaustritt vorkommt. Um dieser Blutung vorzubeugen, wurde in den Rückenmarkcanal ein Korkpfropfen eingetrieben. Nun legt man die Bauchwand gegen die Wirbelsäule hin zusammen, und Wirbelsäule wie Haut werden dann zu einem Stumpf zusammen gebunden, aus welchem nur die beiden Canülen herausragen.

Freilich ist im Vergleich zu dem ursprünglichen Praeparate Ludwig's das neue in gewissem Sinne mangelhaft, indem nicht allein Muskelsubstanz, sondern auch Knochen und Haut durchspült werden. Das sind aber keine wesentlichen Bedenken; denn ein reger Stoffverbrauch in Knochen und Haut ist wohl nicht zu befürchten, da von ersteren ihr geringer Blutgehalt bekannt, letztere aber, namentlich bei niederen Bluttemperaturen, wegen der Contraction der Gefässe nahezu blutleer bleibt.

Bei der Herstellung des Praeparates muss mit thunlichster Eile verfahren werden, damit das in den Gefässen befindliche gerinnungsfähige Blut durch defibrinirtes ersetzt werde, weil sonst Verstopfungen von Gefässbezirken vorkommen können.

Als Durchströmungsflüssigkeit war in den früheren Versuchen stets das unveränderte Blut benutzt worden und zwar das Blut desselben Thieres oder derselben Thierart, von welcher der Muskel stammte. Es kommen aber dabei manchmal Verlegungen des Stromweges vor, weshalb eine gewisse Verdünnung des verwendeten Blutes von Vortheil sein kann. Die Beschaffung einer reichlichen Menge Hundeblutes bietet oft die allergrössten Schwierigkeiten. Es scheint daher unzweifelhaft ein Vortheil zu sein, wenn man das Blut einer fremden Thierart, z. B. das leicht zu beschaffende Kalbsblut verwenden könnte. Die Zulässigkeit einer derartigen Verwendung kann aber nicht von vornherein als selbstverständlich gelten. Ausgeschnittene Kaninchenmuskeln sterben, wenn sie mit Hundeblut durchströmt werden, rasch ab, indessen sie bei Durchströmung mit Kaninchenblut lange Zeit hindurch am Leben bleiben.

Ich habe daher Vorversuche über die Durchspülung von Hundemuskeln mit Kalbsblut angestellt. Als Verdünnungsmittel für das Blut wurde Kochsalzlösung gewählt und zwar erwiesen sich Mischungen von 0·6 Procent ClNa-Lösung mit Blut am günstigsten; in einigen Fällen wurde auch eine Salzlösung verwendet, welche neben 0·6 Proc. ClNa noch 0·1 Proc. PO_4Na_2H enthielt. Derartige Salzlösungen zeigen, wenn auf einen Theil Blut drei Theile der ersteren zugesetzt werden, kaum eine Auflösung von Blutkörperchen. Zu den Durchspülungen wurden, wenn man von den Vorversuchen absieht, Mischungen verwendet, welche auf einen Theil Blut höchstens einen Theil Salzlösung enthielten.

Versuch vom 2. Juni 1880.

Ein Hund von 6 Kilo wurde verblutet, das Blut aufgefangen, defibrinirt und colirt. Durch den Herzstich wurde der Hund getödtet, die unteren Extremitäten abgetrennt, und in der bereits erwähnten Weise das Praeparat hergestellt. Nun wird rasch mit dem defibrinirten Blute das in den Gefässen noch rückständige fibrinhaltige ausgewaschen, bis das abfliessende Blut seine Fähigkeit zu coaguliren völlig verloren hat. Dann wurde begonnen, aus einer Druckflasche eine Kalbsblut-Salzmischung (ein Theil Blut : drei Theilen 0·6 procentiger Cl Na) durch den Muskel zu leiten.

Um 3^h 45′ begann die Durchleitung, zu dieser Zeit war die minimalste Reizbarkeit des Muskels ausgedrückt in Mm. Rollenabstand des du Bois'schen Schlittens = 115.

Um 5^h 15′ war der nicht durchspülte Schenkel schon völlig unempfindlich für Reize; für den durchspülten wurde die Reizbarkeit gefunden = 115^{mm} Rollenabstand.

Um 5^h 42′ war sie = 120^{mm} Rollenabstand.
„ 6^h 5′ „ „ = 115^{mm} „
„ 6^h 25′ „ „ = 110^{mm} „

Das Kalbsblut hatte also den Hundemuskel an $2^3/_4$ Stunden bei gleicher Reizbarkeit erhalten. Dass aber das Hundeblut doch für den Hundemuskel eine geeignetere Durchspülungsflüssigkeit ist, zeigt der folgende Versuch.

Versuch vom 6. Juni 1880.

Das Praeparat enstammte einem 7 Kilo schweren Windspiel; die Durchspülungsflüssigkeit bestand aus 320^{Ccm} Kalbsblut und 680^{Ccm} Salzlösung (0·6 Procent Cl Na; 0·2 Procent $PO_4 Na_2 H$). Die Reizbarkeit des Muskels verhielt sich folgendermaassen:

12^h war sie = 163^{mm} Rollenabstand.
1^h „ „ = 162^{mm} „
1^h 30′ „ „ = 148^{mm} „
2^h „ „ = 150^{mm} „
2^h 15′ „ „ = 158^{mm} „

Zwischen 2 und 3 Uhr nahm dann die Reizbarkeit ziemlich rasch ab. Es wurde durchspült bis sie völlig erloschen war, dann an Stelle des Kalbsblutes Hundeblut durchgeleitet, das in Kürze die Erregbarkeit wieder herstellte, so dass nach 4 Uhr wiederum kräftige Zuckungen erhalten wurden.

Man erkennt also, dass es im Allgemeinen wünschenswerth ist, für die Muskeln des Hundes Hundeblut zu verwenden.

Aus der Fähigkeit des Muskels, lange Zeit hindurch bei Durchspülung mit arteriellem Blute seine Reizbarkeit ungeschwächt zu erhalten, konnte man wohl schliessen, dass auch der Chemismus der Muskeln qualitativ wie quantitativ derselbe geblieben sei. Diese Vermuthung zu bestätigen, dienten folgende Versuche:

Das Praeparat wurde mit verdünntem Kalbsblut durchblutet (1 Blut : 1 Salzlösung 0·7 Proc. ClNa 0·1 Proc. PO_4Na_2H), welches etwa auf Zimmertemperatur abgekühlt war. Nachdem die Durchblutung 122 Minuten gewährt hatte, wurde in der von Ludwig und Schmidt angegebenen Weise eine Blutprobe über Hg aufgefangen, die Blutrecipienten gefüllt und auf Eis gelegt. Ebenso ist um die 487. Minute und um die 577. Minute je eine Blutprobe entnommen worden. Es war beabsichtigt gewesen, die Stromgeschwindigkeit völlig gleich zu erhalten, doch sind durch unvorhergesehene Zwischenfälle Differenzen in der Blutgeschwindigkeit aufgetreten. Die untenstehende Tabelle enthält die näheren Angaben.

Versuch vom 15. Juni 1880.

Zeit in Minuten von Beginn des Versuches.	Mittlere Geschwindigkeit während des Auffangens des Blutes in Cubikcentimetern.	In einer Minute CO_2 in Cubikcentimetern bei 0° u. 1 m Hg-Druck.	Reizbarkeit. Abstand der Rollen in Millimtr.
122	5·6	0·250	88
487	4·5	0·157	75
577	4·5	0·245	55

Die Geschwindigkeitswerthe beziehen sich auf die Zeit der Blutprobeentnahme. Im Allgemeinen ist auch in der Zwischenzeit die Geschwindigkeit möglichst gleich gehalten worden; nur vor der Entnahme der Probe II war die Blutgeschwindigkeit um ein Wesentliches höher als während der Probeentnahme. Die Proben, sowie eine arterielle Probe sind mit Hülfe der Ludwig'schen Gaspumpe entgast und die erhaltenen Gase nach den von Bunsen gegebenen Regeln analysirt worden.

Die analysirten Gasproben geben über die Respiration des Muskels während sechs Stunden Aufschluss. Es ist auch die Reizbarkeit des Muskels geprüft worden. Da bekanntlich diese nicht an allen Stellen eines Muskels dieselbe ist, so muss man die Elektroden stets an der gleichen Stelle ansetzen. Es wurde vorgezogen die Elektroden an bestimmten Stellen zu befestigen. Zu diesem Zwecke wurden an den zwei Seiten des Schenkels Hautschnitte gemacht, die Cutis etwas abgezogen und in die auf diese Weise erzeugten Taschen die Elektroden gebracht. Letztere bestanden aus

etwa 3 cm langen $1^1/_2$ cm breiten Platinblechen, welche mit Papier, das in verdünnte Kochsalzlösung getaucht war, umwickelt waren. Die Hautwunde wurde vernäht, und niemals sind an diesen Stellen Blutungen eingetreten.[1]

Man erkennt aus den mitgetheilten Werthen der Tabelle, dass die CO_2-Ausscheidung des Schenkels durch lange Zeit hindurch constant geblieben ist, wenn schon sich ein allmähliches Absinken der Reizbarkeit bemerkbar macht, also ein Parallelgehen der CO_2-Bildung mit der Reizbarkeit nicht besteht. Das Absinken der CO_2-Bildung bei Entnahme der zweiten Blutprobe, dürfte darauf zurück zu führen sein, dass in der Zwischenzeit der 122. bis 487. Minute die Blutgeschwindigkeit etwas zu gross geworden war, so dass also in Probe II möglicherweise Blut gerathen ist, welches nicht mit einer Geschwindigkeit von 4·5 Ccm pro Minute strömte, sondern schneller. Ein ähnliches Resultat wie in diesem Versuche für die CO_2 erhalten wurde ist für die O-Zehrung schon von Ludwig und O. Schmidt angegeben, indem sie nur eine ganz allmähliche Abnahme der O-Zehrung im Muskel fanden, auch wenn die Versuche sehr lange währten.

In einem zweiten Versuche ist auch Rücksicht auf die O-Zehrung genommen worden, die Dauer desselben war aber wesentlich kürzer als die des ersten Versuches.

Die Blutsalzmischung, welche zur Durchspülung diente enthielt auf 320 Theile Kalbsblut 680 Theile Salzmischung (0·6 Procent Cl Na und 0·1 Procent $PO_4 Na_2 H$). Ueber die uns interessirenden Ergebnisse des Versuches giebt die folgende Tabelle Aufschluss.

Versuch vom 25. Juni 1880.

Zeit in Minuten von Beginn des Versuches.	Mittlere Geschwindigkeit während des Auffangens im Ccm.	In einer Minute CO_2 bei 0° und 1 m Hg-Druck.	Reizbarkeit. Abstand der Rollen in Mm.	O-Zehrung pro einer Minute in Ccm. bei 0° und 1 m Hg-Druck.
0—68	11	0·691	89	0·293
68—142	18	0·761	—	0·319
142—167	18	0·702	91	—

Es sind drei Blutproben analysirt worden; die ungefähr der ersten, zweiten und dritten Stunde nach der Einleitung der Durchspülung entsprechen. Die Reizbarkeit ist innerhalb dieser Zeit völlig unverändert ge-

[1] Dies kann auch als ein Beweis für die oben aufgestellte Behauptung, die Haut werde nur unvollkommen durchblutet, angesehen werden.

blieben, die CO_2-Production zeigte keine Zu- noch Abnahme, die O-Zehrung ist bis zur zweiten Stunde der Durchspülung nicht abgesunken.[1]

In den beiden Versuchen lässt sich also ersehen, dass die mitgetheilte Methode der Herstellung des Praeparates und die Art der Durchspülung bei gleichbleibenden Bedingungen (Ruhe und Temperatur) genügen, um gleiche Ausscheidungsgrössen der Respirationsproducte zu erlangen.

Die Beobachtungen über den Einfluss verschiedener Erwärmung auf die Respiration des Muskels machten eine Reihe neuer Einrichtungen nöthig, welche zuerst besprochen werden müssen.

Das Muskelpraeparat befand sich in einem Zinkkasten mit doppelter Wandung. Durch Oeffnungen an der Seitenwand treten die blutzuführenden und abführenden Röhren ein. Zwei weitere Oeffnungen liessen die wohl isolirten Leitungsdrähte durchtreten, welche wie oben schon erwähnt in Platinelektroden endigten. Eine starke Glasplatte deckte den Raum in welchem der Muskel sich befand. Der Rand der Platte war in der Breite von 4 bis 5^{cm} mit Watte beklebt, mit dieser lag sie auf dem Blechkasten auf. Die Glasplatte wurde für den Fall, dass der Muskel gerade nicht beobachtet wurde, mit einer Lage von Watte zugedeckt; die Doppelwandung des Kastens war entweder mit warmen Wasser gefüllt, das noch weiter durch einen unter dem Kasten befindlichen Bunsenbrenner auf seiner Temperatur gehalten werden konnte, oder sie wurde mit einer Salz-Eismischung gefüllt.

Kaltes und heisses Wasser wurden stets vorräthig gehalten und zwar befanden sich die betreffenden Gefässe in etwa 3 bis 4 Meter Entfernung vom Praeparate aufgestellt, höher stehend als dieses. Von diesen Gefässen führten weite Kautschukschläuche bis zum Zinkkasten, so dass er also auf's schnellste mit heissem oder kaltem Wasser versehen werden konnte.

Die Blutzuleitung geschah nicht mit der von Ludwig und Schmidt benutzten Druckflasche, sondern die Einrichtung war etwas abgeändert worden. Es wurde zunächst Rücksicht darauf genommen, dass das Blut während der immerhin langen Versuchszeit keine Aenderung seines Gasgehaltes erleide. Die Blutsalzmischung befand sich in einer dreifach tubulirten Woulff'schen Flasche. Letztere war in ein weiteres Gefäss mit Eis

[1] Der Versuch wurde unterbrochen, weil die Durchspülungsflüssigkeit nicht weiter reichte. Die durchspülte Muskelmasse wog: 404·0 grm Fleisch. Die Temperatur des abfliessenden Blutes war bei Probe I. 22·4—22·8° C.
II. 22·8—23·0° C.
III. 23·0—22·5° C.

versenkt und verblieb in dieser bis zu Ende des Versuches. Die Blutsalzmischung behielt sonach immer eine Temperatur, die nahe an 0° lag. Der mittlere Tubulus der Flasche liess einen Messingstab durchtreten, welcher an seinem in der Flasche befindlichen Ende ein Messingkreuz trug, das als Mischer fungirte; es wurde durch Bewegen des Mischers dafür gesorgt, dass die Blutkörperchen sich nicht absenkten.

Der eine seitliche Tubulus führte zu einer zweiten Woulff'schen Flasche, welche ihrerseits durch einem Kautschukschlauch mit einem auf beliebige Höhe einstellbaren Wassergefässe verbunden war. Das Wasser floss in die Woulff'sche Flasche, comprimirte hier die Luft, die dann auf die Blutsalzmischung der erst erwähnten Woulff'schen Flasche drückte.

Der dritte Tubulus der Blutflasche hatte zwei Röhren. Die eine war mit einem unten nach Art der Gasleitungsröhren gebogenen Rohre verbunden, dessen Schnabel unter Quecksilber tauchte. Sie diente dazu, zu beliebigen Zeiten Blutproben zur Analyse wegnehmen zu können. Die andere Röhre diente zur Zuleitung des Blutes zu dem Muskel. Es konnte aber nicht daran gedacht werden etwa das auf 0° abgekühlte Blut dem Muskel zuzuleiten und die Variation der Temperatur dadurch zu erzeugen, dass man die Muskelsubstanz von aussen erwärmt. Denn kein Moment ist gerade für die Abkühlung oder Erwärmung des Muskels von solcher Bedeutung wie die Temperatur des circulirenden Blutes.

Es wurde daher zwischen Blutflasche und Muskel ein eigener Apparat eingeschaltet, welcher das Blut auf eine bestimmte Temperatur zu bringen hatte. Ein Blechcylinder von 4 bis 5 Liter Inhalt hatte eine mehrfach durchbohrte Decke. Die eine Oeffnung diente zur Füllung mit heissem oder kaltem Wasser, welche aus den beiden Reservoiren entnommen werden konnte, wie bei Füllung des Blechkastens, der das Praeparat enthielt, schon beschrieben wurde. Eine weite am Boden des Blechcylinders angebrachte Abflussöffnung erleichterte die Entleerung dieses Gefässes. Die Temperatur des Wassers konnte durch ein eingesenktes Thermometer abgelesen werden. Eine in der Wandung befindliche Oeffnung liess die Blutleitungsröhre eintreten und zunächst circulirte das Blut in einer mehrfach gewundenen engen Bleiröhre, welche schliesslich aufsteigend den Deckel des Blechcylinders durchbohrte.

In der Mitte des Deckels war eine weitere Oeffnung und diese diente zur Aufnahme eines genau abgepassten Gläschens, dessen Hals von einem vierfach durchbohrten Gummistopfen verschlossen war. Eine centrale Durchbohrung liess einen dünnen Metallstab durchtreten, der mit einem Mischer endigte; der Mischer wurde während eines ganzen Versuches durch eine automatische Einrichtung in Bewegung gehalten, so dass also auch an dieser Stelle ein Absenken der Blutkörperchen nicht eintreten konnte.

Zwei weitere Oeffnungen des Kautschukpfropfens hielten Glasröhrchen, deren eines nahe dem Boden, deren anderes aber nahe dem abschliessenden Gummipfropfen endigte; durch ersteres trat das Blut ein, durch letzteres trat es aus.

Da man nun bei Beginn des Versuches das ganze Gläschen mit Blut zu füllen hatte, so war in dem Gummistopfen noch eine vierte Oeffnung angebracht und ein Glasröhrchen eingesetzt, das eben den Stopfen durchsetzte. Während nun Blut einströmte konnte hier die Luft austreten. Ein Kautschukstück mit Klemme gab den nöthigen Abschluss.

Das Ende des durch den Deckel des Blechcylinders durchtretenden Bleiröhrchens war mit der Glasröhre verbunden, die auf den Boden des zur weiteren Mischung und Erwärmung des Blutes dienenden Gläschens führte. Die Ableitungsröhre des Gläschens führte das Blut dem Muskel zu. Ehe es in die Canüle zur Arterie trat wurde seine Temperatur durch ein in einem T-Stück befestigtes Thermometer gemessen.

In gleicher Weise war unmittetbar an die Canüle, welche in die Vene eingebunden war, ein T-Stück mit Thermometer zur Bestimmung der Temperatur des abfliessenden Blutes eingebunden.

Das abströmende Blut floss in eine mit Quecksilber gefüllte Flasche, aus welcher durch eine Hebervorrichtung das Quecksilber abgelassen werden konnte. Damit nun nicht etwa Stauungen im Blutstrome vorkamen, war, ehe das Blut in die Blutflasche einfloss, ein kleines Manometer eingesetzt, so dass leicht eine Regelung des Blutstromes ausgeführt werden konnte.

Wenn genügend Blut aufgefangen war, so wurde das Gefäss mit Quetschhähnen geschlossen und in demselben Momente dem abströmenden Blute ein anderer Weg geöffnet, indem der eine Schenkel eines bis jetzt geschlossenen T-Stückes aufgemacht wurde. Von der während einer Versuchsperiode entleerten Blutmenge wurden alsbald die Blutproben in die kleinen Recipienten übergefüllt und in Eis verpackt.

3. Versuchsresultate.

a) Versuch vom 2. December 1880 (Nr. VI).

Ueber die Herrichtung des Praeparates braucht nichts weiter erwähnt zu werden, weil stets in gleicher schon mitgetheilter Weise verfahren wurde. Die durchspülte Muskelmasse betrug 291 ^{grm}; die Blutmischung bestand aus 2310 ^{Ccm} Hundeblut + 4000 ^{Ccm} Salzlösung (0·7 Procent ClNa; 0·1 Procent PO_4Na_2H). Die Einzelheiten, welche zu wissen von Interesse ist, giebt übersichtlich nebenstehende Tabelle.

Tabelle III.

Versuch vom 2. December 1880.

Zeit in Minuten.	t° des abfliessenden Blutes.	Menge des abgeflossenen Blutes in Ccm.	Reizbarkeit.	Bemerkungen.
			Bei einem Bündel St.	
0—95	15·0—15·3	340	6·5—6·5	
95—159	14·0	300	6·5	Blut zur Analyse. Blut schwach venöser Färbung.
159—220	21·8—25·5	400	8·5—7·0	
220—273	25·3	200	8·7—6·7	Blut zur Analyse. Blut dunkel.
273—335	22·4—14·0	390	5·3—5·0	
335—374	12·2	190	Muskel nicht reizbar.	Blut zur Analyse. Blut schwach venöse Färbung.
374—420	18·0—26·8	170	Anfangs nicht reizbar, später bei 0 mm.	
420—446	25·1	150	5·9—4·0	Blut zur Analyse. Blut dunkel.

Schon die oberflächliche Betrachtung des aus dem Muskel abströmenden Blutes und die Vergleichung mit dem arteriellen Blute zeigt, dass beim Kühlhalten des Muskels nur wenig Sauerstoff verzehrt wurde; denn das venöse Blut war nur wenig dunkler als das arterielle; beim Erwärmen des Muskels floss es dagegen dunkel gefärbt ab. Die Reizbarkeit des Muskels war gleichfalls von der Temperatur beeinflusst. Sie sank bald nach dem Durchleiten kühlen Blutes bis 6·5 mm Rollenabstand ab. Völlig zum Erlöschen zu bringen war sie nicht, obschon $2^1/_2$ Stunden kühles Blut durchgeleitet wurde. Beim Erwärmen stieg sie dann an, doch zeigte sich auch bei gleichbleibender Erwärmung die Tendenz zu sinken. Bei erneuter Abkühlung — die Temperatur war im Mittel 12·2° — war auch bei Anwendung der stärksten Reize keine Zuckung wahrzunehmen. Der Muskel war völlig unerregbar. Erneute Erwärmung stellte die Reizbarkeit wieder her.

Von den Respirationsgasen wurde nur die CO_2-Bestimmung ausgeführt; die Bestimmung der O-Zehrung missglückte. Die näheren Angaben enthält die Tabelle auf der folgenden Seite.

Wohl zeigen die Werthe für die CO_2-Production Schwankungen; dagegen lässt sich keine mit dem Wechsel der Temperatur zusammenfallende Gesetzmässigkeit entdecken. Die CO_2-Bildung scheint unabhängig von der Temperatur zu sein. War nun auch die Bestimmungen des Sauerstoffs missglückt, so zeigte doch die Färbung des

Tabelle IV.

Temperatur des aus dem Muskel abström. Blutes.	Geschwindigkeit in Mm. pro einer Minute.	CO_2 pro einer Minute bei 0° und 1 m Druck.	Reizbarkeit gemessen am Rollenabstand.
14·0	4·7	0·248	6·5
25·3	4·1	0·134	8·7—6·7
12·2	4·9	0·188	0
25·1	4·7	0·202	5·9—4·0

Blutes, dass für den Sauerstoffverbrauch sicher eine Beeinflussung durch die Temperatur angenommen werden musste und zwar in dem Sinne, dass Steigen der Temperatur die O-Zehrung mehrt, Abkühlen sie mindert. Es war an diesem Versuche recht auffallend entgegengetreten, dass der Muskel nur schwierig auf eine beliebige Temperatur zu bringen ist. Das Hauptaugenmerk wurde daher zunächst darauf gerichtet, die Temperaturintervalle noch grösser zu machen.

b) Versuch vom 10. December 1880 (Nr. VII).

Das von einem grösseren Hunde hergestellte Praeparat hatte 517 grm Muskelmasse. Die Blutmischung bestand aus 1 Theil Hundeblut + 2 Theilen Salzmischung (0·7 Procent ClNa, 0·1 Procent PO_4Na_2H). Bei einer mittleren Temperatur von 10·4° war der Muskel unerregbar geworden; die Reizbarkeit kehrte mit der Erwärmung auf 31° wieder. Die erneute

Tabelle V.

Zeit in Minuten.	t° des abfliessenden Blutes.	Menge des abgeflossenen Blutes in Ccm.	Reizbarkeit.	Bemerkungen.
0—130	10·7	530		
130—223	10·4	360	Ohne Stäbe 13·0, sinkt bald auf 0.	Blut zur Analyse.
223—304	23·0—26·0	240	65·0—120 m bei allen Stäben.	
304—356	31·2	200	112 mit Stäben, Ende ohne Stäbe bei 0 m.	Blut zur Analyse.
356—398	—	330		
398—432	9·5	205	Reizb. von Beginn = 0.	Blut zur Analyse.
432—472	—	340		
472—512	28·2	250	Reizb. kehrt nicht wieder.	Blut zur Analyse.

Abkühlung liess sie wieder schwinden. Als nun auf die Durchspülung mit kühlem Blute nochmals Erwärmung auf 28·2° folgte, stellte sich trotzdem die Reizbarkeit nicht wieder ein.

Hinsichtlich arterieller oder venöser Färbung des aus dem Muskel abfliessenden Blutes ist dasselbe zu sagen wie im vorigen Versuche. Bei Kälte nähert die Farbe des Venenblutes sich mehr der arteriellen Farbe. Es ist in diesem Versuche auch gelungen, Temperatur-Minima und -Maxima weiter auseinander zu legen. Ueber die Art der Muskelrespiration giebt folgende Tabelle Aufschluss.

Tabelle VI.

Temperatur des aus dem Muskel ausfl. Blutes.	Geschwindigkeit in Ccm. pro einer Min.	CO_2 in Ccm. pro einer Min. bei 0° und 1 m Druck.	O-Verbrauch pro einer Min. bei 0° und 1 m Druck.	$\frac{CO_2}{O}$	Reizbarkeit gemessen am Rollenabstand.
10·4	3·8	0·185	0·076	2·43	13·0 ohne Stäbe, erlischt aber alsbald.
31·2	4·0	0·079	0·125	0·63	Reizbar bei eingelegten Stäben, später reizbar ohne Stäbe bei 0 mm.
9·5	6·0	0·297	0·084	3·51	0
28·2	6·2	0·132	0·130	1·01	Reizbarkeit kehrt nicht wieder.

Die CO_2-Ausscheidung weist in diesem Falle Schwankungen auf, welche mit dem Temperaturwechsel zusammenhängen. Es hat geradezu den Anschein, als ob bei hoher Temperatur weniger CO_2 gebildet worden wäre als bei niedriger Temperatur.

Die Sauerstoffzehrung zeigt — wie wir aus der Färbung des Blutes schon vermuthen konnten — eine Steigerung durch die Wärme und ein Absinken bei der Abkühlung. Bildet man in üblicher Weise die respiratorischen Quotienten, so erkennt man, dass dieselben bei abnorm niedriger Temperatur des Muskels die auffallendsten Abweichungen von den unter normalen Verhältnissen erhaltenen bieten. Die Quotienten des von warmem Blute durchspülten ausgeschnittenen Muskels zeigen dagegen nichts Auffälliges. Es ist von grossem Interesse, dass auch der durch Kälte scheintodt gewordene Muskel doch noch eine sehr bestimmbare Sauerstoffzehrung besitzt. Letztere steht also in keinem directen Zusammenhange mit der Reizbarkeit.

c) Versuch vom 9. Februar 1881 (Nr. VIII).

Zu einem weiteren Versuche diente ein Praeparat mit 530 grm Muskelmasse. Die Durchspülungsflüssigkeit war ein Gemisch von 1 Theil Hunde-

blut und 2 Theilen 0·6 procentiger Kochsalzlösung. Es gelang diesmal, noch grössere Temperaturdifferenzen zu erzielen, als in den beiden vorigen Versuchen. Leider konnte der Muskel aber nicht wieder bei Erwärmung untersucht werden, weil in dem Momente, als die zweite warme Blutprobe gesammelt werden sollte, Quecksilber in die Venen gerathen und somit dem Blute der Weg verlegt war.

Tabelle VII.

Zeit in Minuten.	t^0 des abfliessenden Blutes.	Menge des abgeflossenen Blutes.	Reizbarkeit.	Bemerkungen.
0—81	32·0	360	5·2 Ein Bündel Stäbe.	—
81—126	33·7	250	4·0	Blut zur Analyse.
126—271	—	520	Völlig unempfindlich.	—
271—325	7·2	250	„ „	Blut zur Analyse.

Tabelle VIII.

Temperatur des aus dem Muskel ausstr. Blutes.	Geschwindigkeit in Ccm. pro einer Min.	Ccm. CO_2 pro einer Min. bei 0^0 und 1 m Druck.	Ccm. O-Verbr. pro einer Min. bei 0^0 und 1 m Druck.	$\frac{CO_2}{O}$	Reizbarkeit gemessen. in Mm. Rollenabstand.
33·7	5·60	0·342	0·207	1·65	5·2—4·0
7·2	4·63	0·193	0·042	4·56	0

Die Resultate stimmen in Allem mit den früheren überein. Zwar zeigt die CO_2 bei der Kälte ein gewisses Absinken, es lässt sich dies aber, wie später noch gezeigt werden wird, auch auf andere Weise erklären, ohne dass man CO_2-Bildung mit der Temperatur in nähere Beziehung bringt. Die O-Zehrung ist bei der Abkühlung von $33·7^0$ auf $7·2^0$ ausserordentlich abgesunken. Doch konnte man selbst bei dieser niedrigen Temperatur den Sauerstoffverbrauch durch den Unterschied zwischen arteriellem und venösem Blute constatiren. Die respiratorischen Quotienten zeigen das bereits im vorigen Versuche bemerkte auffällige Verhältniss.

d) Versuch vom 16. Februar 1881 (Nr. IX).

Die verwendete Muskelmasse beträgt 453·3 grm. Hundeblut und 0·6 procentige Kochsalzlösung wurden zu gleichen Theilen gemischt als Durchspülungsflüssigkeit verwendet. Da die Herstellung des Praeparates sehr

rasch gelungen war, so konnte schon etwa eine Stunde nach dem Tode des Thieres mit dem Auffangen der ersten Blutprobe begonnen werden. Die Temperaturdifferenzen waren diesmal noch bedeutender. Es gelang einerseits, die Muskelrespiration bei einer der normalen nahestehenden Temperatur zu untersuchen, andererseits war das Minimum = 6·4° C. Die Erwähnung der Wirkung der Erwärmung auf die Reizbarkeit kann füglich unterlassen werden.

Tabelle IX.

Zeit in Minuten.	t° des abfliessenden Blutes.	Menge des abgeflossenen Blutes.	Reizbarkeit.	Bemerkungen.
0—54	32·6	301	5·5 ohne Stäbe.	
54—99	39·5	315	7·2—7·2	Blut zur Analyse.
99—240	9·5	300	Völlig unempfindl.	
240—282	6·4	250	„ „	Blut zur Analyse.
282—357	35·3	283	3·5 ohne Stäbe.	
357—419	38·2	320	„ „	Blut zur Analyse.

Die analytischen Ergebnisse stehen in vollem Einklang mit den früheren Befunden.

Tabelle X.

Temperatur des aus dem Muskel abfl. Blutes.	Geschwindigkeit in Ccm. pro einer Min.	Ccm. CO_2 in einer Min. bei 0° und 1 m Druck.	Ccm. O-Verbr. in einer Min. bei 0° und 1 m Druck.	$\frac{CO_2}{O}$	Reizbarkeit des Muskels, gemessen nach Mm. Rollenabstand.
39·5	7·0	0·501	0·415	1·10	7·2
6·4	6·1	0·364	0·117	3·11	0
38·2	5·1	0·188	0·256	0·73	7·5

Die Kohlensäureausscheidung sinkt allerdings auch bei der Abkühlung des Muskels wie in dem vorigen Versuche. Die richtige Aufklärung für dieses Absinken der CO_2 giebt aber die darauf folgende Erwärmung des Muskels. Auch unter dem Einflusse der letzteren steigt die CO_2-Bildung nicht an; sie ist vielmehr noch weiter abgesunken. Es hat daher den Anschein, als ob die wechselnde starke Abkühlung einen schädigenden Einfluss auf den Muskel habe, wodurch ein allmähliches Absinken der CO_2-Bildung herbeigeführt wird. Dieser schädigende Einfluss macht sich in gleicher Weise auf den Sauerstoffverbrauch geltend.

Der Sauerstoffverbrauch erweist sich wiederum abhängig von dem Grade der Erwärmung. Doch wird man erkennen, dass der Sauerstoff-

verbrauch nach der starken Abkühlung auf 6·1° sich nicht mehr zur alten Höhe erhebt, obschon die Temperatur von 38·2° nur wenig von der Mitteltemperatur der erstmaligen Erwärmung 39·5° verschieden ist. Auch an der Reizbarkeit, welche bei der zweitmaligen Erwärmung die alte Höhe nicht erreicht, ist eine gewisse Schädigung unverkennbar. Im Uebrigen besteht auch zwischen diesem Versuche und den früheren eine befriedigende Uebereinstimmung.

Man könnte nur gegen die Behauptung des schädigenden Einflusses der Temperatur anführen, dass von einer derartigen Einwirkung im Versuch b nichts zu bemerken war. Nun ist aber in Versuch b der erstmaligen Erwärmung des Muskels schon eine Durchspülung mit kaltem Blute vorausgegangen; andererseits aber wird die schädigende Wirkung wesentlich von der Grösse der Temperaturdifferenz abhängen und diese war nirgends grösser als in dem Versuch d, nämlich: 33·1°, bei Versuch b aber nur rund 21°.

e) Versuch vom 1. März 1881 (Nr. X).

Die zu diesem Versuche verwendete Muskelmasse betrug 374 grm; zur Durchspülung dienten 1700 Cem Hundeblut + 2000 Cem 0·6 Procent ClNa-Lösung. Auch hier gelang es, schon eine Stunde nach dem Tode des Thieres die erste Blutprobe zu sammeln.

Tabelle XI.

Zeit in Minuten.	t° des abfliessenden Blutes.	Menge des abgeflossenen Blutes.	Reizbarkeit.	Bemerkungen.
0—47	36·0	322	11·5 ohne Stäbe.	
47—95	36·0	250	11·5—6·5	Blut zur Analyse.
95—252	9·8	586	Völlig unempfindl.	
252—310	8·6	250	„ „	Blut zur Analyse.
310—384	33·5	590	5·0 mit allen Stäben.	
384—437	34·3	250	5·0 mit allen Stäben. 4·5 ohne Stäbe.	Blut zur Analyse.

Der Versuch bietet, wie man nach den Zahlen der vorstehenden Tabelle schliessen kann, eine Bestätigung der früheren Resultate. Auch hier gelang es, den Muskel durch Kälte unempfindlich gegen die Reize zu machen und durch erneute Wärmezufuhr seine Reizbarkeit wieder herzustellen, wenn auch nicht in gleicher Höhe, wie sie früher bestand. Die Werthe für die Respiration des Muskels sind folgende:

Tabelle XII.

Temperatur des aus dem Muskel ausfl. Blutes.	Geschwindigkeit in Ccm. pro einer Min.	Ccm. CO_2 in einer Min. bei 0° und 1 m Druck.	Ccm. O-Verbr. in einer Min. bei 0° und 1 m Druck.	$\frac{CO_2}{O}$	Reizbarkeit des Muskels, gemessen nach Mm. Rollenabstand.
36·0	4·54	0·417	0·304	1·36	11·5—6·5
8·6	4·40	0·262	0·094	2·78	0
34·3	4·70	0·228	0·210	1·09	5·0—4·5

Die Kohlensäureausscheidung sinkt während der Abkühlung des Muskels bedeutend ab; sie sinkt aber noch weiter auch während der darauf folgenden Erwärmung.

Es ist das gleiche Verhalten wie im vorigen Versuche, nur weniger stark ausgeprägt.

Die Sauerstoffzehrung fällt mit der Erniedrigung der Temperatur und steigt bei erneuter Erwärmung wieder an. Doch erreicht das zweitmalige Ansteigen nicht den Werth, welchen die Sauerstoffzehrung bei Beginn des Versuches darbot. Die Erklärung für diesen Vorgang bietet die schädigende Einwirkung bedeutender Temperaturdifferenzen. Wie das Gesammtbild des Versuchs von den übrigen nicht abweicht, so stehen auch die respiratorischen Quotienten den früher erhaltenen nahe.

Damit ist das Versuchsmaterial, über welches ich verfüge, abgeschlossen; die Frage der Wirkung der Temperatur ist zwar damit nicht erledigt, doch lassen sich, wie man sehen wird, gewisse Grundzüge für die Wirkung derselben wohl feststellen. Ich werde daher nun, die Resultate der einzelnen Versuche zusammenfassend, Schlussfolgerungen zu ziehen unternehmen. Von grosser Wichtigkeit wäre es gewesen, die Grenze festzustellen, bei welcher überhaupt kein O mehr aufgenommen und keine CO_2 mehr abgegeben wird. Eine hierfür benöthigte Abkühlung erfordert aber eine ausserordentlich lange Durchspülung eines Muskels.

---

4. Betrachtung der Resultate.

a) Die Sauerstoffzehrung.

Das wichtigste Ergebniss der Untersuchungen ist der Nachweis der Abhängigkeit der Sauerstoffzehrung des Muskels von der Temperatur desselben. In allen Fällen ist bei Abnahme der Temperatur auch der Sauerstoffconsum abgesunken, bei darauf folgender

Wiedererwärmung auf's Neue angestiegen. Dieses Ansteigen und Abfallen lässt zweifellos in jenen Versuchen, welche ähnliche Maxima und Minima der Temperatur zeigen, eine gleiche Abhängigkeit vom Temperaturintervall erkennen. Man muss aber wohl erwägen, dass diese Uebereinstimmung keine absolute sein kann (wie dies bei den einzelnen Versuchsreihen schon hervorgehoben wurde), weil die O-Zehrung im Verlaufe der Zeit der Durchspülung absinkt. Dieses Absinken beruht offenbar auf einem schädigenden Einfluss abnorm niedriger Temperaturen, der schon für manche Lebenserscheinungen erwiesen ist. Sonach ist die absolute Zahl für den O-Consum bei gleicher Temperatur etwas verschieden, je nachdem die O-Zehrung in der ersten, oder zweiten oder dritten Stunde der Durchspülung untersucht wird.

Vergleicht man die einzelnen Temperaturintervalle und ihre Wirkung auf den Sauerstoffconsum und führt die Werthe auf die Zunahme um 1° C. oder die Abnahme um 1° C. zurück, so erhält man folgende Zahlen.

Tabelle XIII.

Nr. der Versuche für Erwärmung.[1]	Wenn die t des Muskels um 1° steigt, steigt der O-Verbrauch um x Procent	Wenn die t des Muskels um 1° sinkt, sinkt der O-Verbrauch um x Procent.	Beobachtete Temperatur. Maximum und Minimum für das Ansteigen.	Beobachtete Temperatur. Maximum und Minimum für das Absinken.	Nr. der Versuche für Abkühlung.
VII.a—b	3·09	1·55	10·4—31·2	31·2—9·5	VII.b—c
VII.c—d	2·92	3·10	9·5—28·2	33·7—7·2	VIII.a—b
VIII.b—c	3·73	2·27	6·4—38·2	39·5—6·4	IX.a—b
X.b—c	4·80	2·54	8·6—34·3	36·0—8·6	X.a—b

Die Schwankungen in den einzelnen Werthen sind nicht bedeutend, wenn man die Schwierigkeiten derartiger Versuche nur einigermaassen zu beurtheilen versteht. Abgesehen davon, dass die zu Versuchen verwendeten Muskeln schon individuell ein etwas abweichendes Verhalten zeigen konnten, ist weiteres zu bedenken — und dies wird unten noch zu besprechen sein, — dass innerhalb selbst ziemlich weiter Temperaturgrenzen die O-Zehrung des Muskels fast unabhängig von der Temperatur genannt werden kann. Erst bei Ueberschreitung einer gewissen Temperatur-

[1] Die einzelnen Perioden der Erwärmung und Abkühlung sind mit a, b, c, d bezeichnet.

schwelle beginnt der O-Verbrauch merkbar von der Temperatur beeinflusst zu werden.

Vergleicht man also Temperaturdifferenzen, welche mit ihrem niedrigsten Temperaturwerth über oder unter die Temperaturschwelle fallen, so kann der für 1° berechnete Zuwachs des Sauerstoffconsums nicht der gleiche sein. In der That entsprechen einer derartigen Erklärung die vorliegenden Zahlen, indem Maxima und Minima der Temperatur sehr verschiedene absolute Werthe aufweisen. Sonach muss man auch schliessen, dass für den Zuwachs des O-Consums mit Zunahme der Temperatur bei meinen Versuchen keine allgemein giltige Constante angegeben werden kann.

Tabelle XIV.

Bezeichnung des Versuchs.	Temperatur.	Ccm. CO_2 in einer Min. pro ein Kilo.	O-Verbr. in einer Min. pro ein Kilo.	Temperatur mittel.	Mittelwerth für CO_2 Proc. 0^0 1^m Druck.	Mittelwerth für O-Consum: 0^0 1^m Druck.
IX. b	6·4	0·80	0·25	7·9	0·61	0·19
VIII. b	7·2	0·36	0·08			
X. b	8·6	0·70	0·25			
VII. c	9·5	0·57	0·16			
VII. a	10·4	0·35	0·15	12·2	0·64	0·19
VI. c	12·2	0·72	—			
VI. a	14·0	0·85	0·23			
VI. d	25·1	0·72	—	26·2	0·48	(0·25)
VI. b	25·3	0·46	—			
VII. d	28·2	0·25	0·25			
VII. b	31·2	0·15	0·24	33·8	0·63	0·50
VIII. a	33·7	0·65	0·39			
X. c	34·2	0·61	0·56			
X. a	36·0	1·11	0·81			
IX. c	38·2	0·41	0·56	38·8	0·75	0·78
IX. a	39·5	1·10	1·00			

Einen leichteren Ueberblick über die besprochenen Verhältnisse gewinnt man bei passender Combination aller Einzelversuche. Dazu ist eine

Umrechnung der letzteren Werthe auf absolute Werthe nöthig; da in allen Versuchen die verwendete Muskelmasse bekannt war, ergeben sich keine weiteren Schwierigkeiten. Ich habe in folgender Tabelle die Angaben pro 1 Kilo Muskel, pro 1 Stunde Zeit und in Ccm bei 0° und 760^{mm} Druck eingetragen, weil die meisten Zahlen für Ergebnisse der Respiration auf die gleichen Einheiten zurück geführt worden sind.

Tabelle XV.

Temperatur mittel.	CO_2 in Ccm. bei 0° und 760^{mm} pro Kilo und St.	O in Ccm. bei 0° und 760^{mm} pro Kilo und St.
7·9	48·12	15·00
12·2	50·52	15·00
26·2	37·86	19·74
33·8	49·80	39·42
38·8	59·16	61·56

Man darf diese Zahlen nun nicht ohne weitere Kritik hinnehmen; da alle Muskeln mit der Zeit eine Abnahme ihrer Respirationsgrösse zeigen, so enthält die Rubrik der Sauerstoffzehrung Zahlen, welche von zwei Factoren abhängig sind.

1) von dem Einfluss der Temperatur;

2) von dem Einfluss der Schädigung durch vorhergehende Abkühlung.

Die zweite Einwirkung liesse sich eliminiren, wenn für jedes Temperaturintervall eine Reihe von Muskeln in verschiedenen Zuständen der Durchspülung zur Beobachtung gekommen wären. Dies trifft in der That für manche Reihen zu, doch nicht für alle. Es stört aber diese Ungleichheit des Muskelzustandes nicht sehr, wie sich leicht zeigen lässt.

In der ersten Gruppe von Zahlen, welche die Versuche zwischen 6·4 bis 9·5° C umfasst, sind nur solche enthalten, welche bereits längere Zeit durchspülte Muskeln betreffen. Man könnte nun vermuthen, die Bestimmung der Sauerstoffzehrung sei zu niedrig ausgefallen. Wie nun die Zusammenstellung mit der folgenden Gruppe (10·4° bis 14·0°) darthut, ist dies aber nicht der Fall; denn obschon die zweite Gruppe zwei Versuche enthält, welche gleich nach dem Abtrennen des Muskels vom Körper angestellt wurden, zur Bildung der Mittelzahl verwendet sind, erkennt man, dass die O-Zehrung doch nicht grösser ist als in der ersten Reihe. Für das Intervall 25·1 bis 28·2° steht leider nur ein Versuch aus einer späten Versuchszeit zur Verfügung. Hier dürfte wohl die Respirationsgrösse

etwas zu klein ausgefallen sein, weil ausserdem noch die Zahl dem Muskel VII zugehört, welche eine auffallende kleine O-Zehrung hatte, da er schon früher zweimal dem schädigenden Einflusse niederer Temperaturen ausgesetzt war. Die beiden anderen Gruppen geben zu keiner weiteren Erinnerung Veranlassung.

Man erkennt nun zweifellos, dass innerhalb weiter Temperaturgrenzen von $6 \cdot 4^0$ bis $14 \cdot 0^0$ mit aller Sicherheit die Sauerstoffzehrung des durchbluteten Hundemuskels von der Temperatur unbeeinflusst bleibt. Betrachtet man $12 \cdot 2^0$ in Mittel als Temperaturschwelle für die Sauerstoffzehrung, so hätte man für das Temperaturintervall $12 \cdot 2$ bis $33 \cdot 8^0 = 21 \cdot 6^0$ Differenz $+ 162 \cdot 8$ Procent Zuwachs $= 7 \cdot 5$ Procent pro 1^0 C. Temperaturzuwachs und für $33 \cdot 8$ bis $38 \cdot 8^0 = 5^0$ Differenz $+ 56 \cdot 1$ Procent Zuwachs $= 11 \cdot 2$ Procent pro 1^0 C. Die beiden Zahlen sind also ziemlich übereinstimmend; ob man schliessen könne, bei einer Körpertemperatur nahen Erwärmung nähme die O-Zehrung rascher zu als zwischen $12 \cdot 2$ bis $33 \cdot 8^0$, lasse ich dahin gestellt.

Berechnet man den mittleren Werth für die Steigerung von $12 \cdot 2^0$ bis $38 \cdot 8$, so hat man für das Intervall $26 \cdot 6 + 310 \cdot 4$ Procent $= 11 \cdot 6$ Procent pro 1^0 C. In allen Fällen konnte bei dem für Reize völlig unempfindlichen Muskel mit aller Sicherheit noch eine Sauerstoffzehrung nachgewiesen werden. Sie lässt sich nicht allein chemisch darthun, sondern wird auch dem Auge bei Vergleichung des zufliessenden und des abströmenden Blutes bemerkbar. Die O-Zehrung des durch Kälte völlig unerregbar gewordenen Muskels ist nicht kleiner als man sie bei Thieren beobachtet hat, die bei abnorm niedrigen Temperaturen untersucht worden sind.

Es muss selbstverständlich eine weitere Grenze geben, bei welcher jegliche Sauerstoffzehrung durch den Muskel aufgehoben wird. Die langsame Abkühlung des Muskels war die Ursache warum in meinen Versuchen diese Grenze nicht hat erreicht werden können. Es ist nicht unwahrscheinlich, dass Hermann[1] in der Deutung seiner Versuche mit dem Froschmuskel zu weit gegangen ist, wenn er alle Sauerstoffzehrung bei diesem auf Ursachen bezieht, „welche für die Lebensprocesse des Muskels keine Rolle spielen," wenn auch die Berechtigung zu einer derartigen Schlussfolgerung ziemlich naheliegend schien.

b) Die Kohlensäurebildung.

Wesentlich anders als für die O-Zehrung liegen die Verhältnisse für die Kohlensäurebildung. Wenden wir uns auch

[1] Siehe die Versuche Regnault's, Baumert's und Jolyet-Regnard's.

[2] A. a. O. S. 39 und 66.

wieder zunächst an die Betrachtung der einzelnen Versuche, so erkennen wir dass sämmtliche Reihen bei welchen die Temperatur variirt wurde (ausgenommen VI), gar keinen Einfluss der ersteren erkennen lassen, vielmehr findet man im Verlaufe einer Durchspülung ein mehr oder minder beschleunigtes Absinken der CO_2-Bildung, das vermuthlich auf einer Schädigung des Muskels durch die rasch variirte Temperatur zurückgeführt werden muss; dass letztere auch die O-Zehrung schädigt, wurde schon besprochen.

Es ist nur in einem Versuche eine Einwirkung auf die CO_2-Bildung vorhanden, es scheint als ob bei der Erwärmung in diesem Falle sogar weniger CO_2 gebildet worden sei als in der Kälte. Diese Einwirkung ist aber in den späteren Versuchen nicht mehr so kräftig hervorgetreten. Die CO_2-Bildung ist also von wesentlich anderen Momenten abhängig als die O-Zehrung. Nahe der Körpertemperatur scheint allerdings eine gewisse Zunahme der CO_2-Bildung bei Zunahme der Erwärmung einzutreten. Die etwas niedrige Zahl 0·48 in Tabelle XIV auf S. 57 beruht zweifellos darauf, dass sie die Mittelzahl von Einzelversuchen ist, welche mit einem durch den Wechsel der Temperatur bereits geschädigten Muskel ausgeführt worden sind. Die Steigerung der CO_2-Production bei dem Ansteigen von 33·8° auf 38·8 ist zwar nicht bedeutend, doch darf sie als sicher gestellt betrachtet werden.

Die vorliegenden Thatsachen beweisen also, dass man durch Einwirkung abnorm niedriger Temperaturen, die Fähigkeit des Muskels Sauerstoff zu zehren sowie seine Reizbarkeit aufheben kann; die niedrige Temperatur vermag aber die Kohlensäurebildung nicht zu hemmen.[1] Die Processe der Kohlensäurebildung sind also nicht nur unabhängig von der Anwesenheit des Sauerstoffes, wie aus anderen Beobachtungen z. B. denen Hermann's[2] und Minot's[3] zu entnehmen war, sie sind auch in gewissen Grenzen beim Säugethiermuskel unabhängig von der Wärme. Man wird aber auch für die CO_2-Bildung eine untere Grenze finden können, bei welcher dieselbe aufhört.

Es wäre sehr interessant zu wissen, ob CO_2-Bildung und jene ausserordentlich kleine O-Zehrung, welche die tief abgekühlten Muskeln zeigten, wirklich bei den nämlichen Temperaturen beginnen oder nicht? Die Temperatur bei welcher die O-Zehrung aber in die Zersetzung energisch eingreift, und jene Temperatur, bei welcher auch die CO_2 ein merkliches Steigen mit der Temperatur zeigt (nahe der Körpertemperatur), liegen weit

[1] Das Verhalten der CO_2-Bildung zeigt nicht im Geringsten eine Aehnlichkeit mit einem Dissociationsprocess.

[2] A. a. O.

[3] Ludwig's Arbeiten.

auseinander, indem erstere zwischen 12 bis 25°, letztere nahe der Körpertemperatur sich befindet.

Es lassen sich also auch mit Hülfe der Einwirkung der Temperatur die zwei wichtigen Eigenschaften der Mukelsubstanz

1) unabhängig vom O-Verbrauch CO_2 zu bilden (niedere Temper.),
2) kräftige Oxydationswirkungen zu entfalten (bei hoher Temperatur) darthun.

Die Verschiedenheit der chemischen Processe drückt sich am deutlichsten aus, wenn man die respiratorischen Quotienten bei den verschiedenen Temperaturen betrachtet.

Tabelle XVI.

t in 0° C. des abfliess. Blutes.	Resp.-Quotient.	Mittlerer Werth für t.	Mittlerer Werth für R.-Q.
6·4	3·11	8·4	3·28
7·2	4·56		
8·6	2·78		
9·5	3·51		
10·4	2·43		
28·2	1·01	28·2	1·01
31·2	0·63	33·8	1·18
33·7	1·65		
34·3	1·09		
36·0	1·36		
38·2	0·73	38·8	0·91
39·5	1·10		

Bei niederer Temperatur sind die Quotienten so hoch, dass sie niemals durch oxydative Spaltung irgend einer Substanz erklärt werden können; mit dem Steigen der Temperatur nähert sich der Quotient Werthen, welche auch bei unversehrten Thieren erhalten werden.

c) Allgemeine Betrachtungen über die Muskelrespiration.

Das Ueberwiegen der CO_2-Production über die O-Aufnahme ist von vielen anderen Autoren schon für den Froschmuskel angegeben worden, so von Liebig, Hermann; desgleichen ist auch in den Versuchen von

Ludwig und Sczelkow, von Ludwig und C. Schmidt und bei Minot für den Säugethiermuskel Aehnliches angegeben worden. Diese Ergebnisse sind durch Versuche, welche an ganzen Thieren angestellt wurden von Pflüger, Aubert, bei Warmblütern auch von Herter bestätigt worden. In all den aufgeführten Fällen hat es sich um das Ueberwiegen der CO_2-Production nach Entziehung von O oder bei ungenügender O-Zufuhr gehandelt. Hierzu kommt also noch die von mir constatirte Thatsache, dass eine bedeutende Abkühlung des Muskels wie eine O-Entziehung wirkt.

Zuerst hat für diese Verhältnisse Hermann[1] eine richtige Vorstellung geweckt, indem er auf Analogien mit Gährungsvorgängen hinwies. Er nahm den Zerfall einer complicirten Substanz an, deren Zerfallsproducte Myosin, CO_2 und Milchsäure sein sollten; von dieser Substanz befindet sich in jedem ausgeschnittenen Muskel eine gewisse Menge, Wärme beschleunigt die Zersetzung der Substanz; sie wird durch Blutbestandtheile und O wieder regenerirt. Dadurch ist nun der Lebensprocess wesentlich von einem Gährungsprocess verschieden, da bei den eigentlichen Gährungen die Aufnahme von O gar nicht nöthig ist. Die fictive Muskelsubstanz kann also nur in dem Momente der Zerlegung mit manchen Gährungsprocessen in Parallele gestellt werden; beide haben gemeinsam: Freiwerden von Spannkraft ohne Aufnahme von O. Mit Hermann's Hypothese lassen sich viele Erscheinungen in guten Einklang bringen; aber die neueren Untersuchungen über die Milchsäurebildung bei der Starre und beim Tetanus und die nähere Kenntniss des Myosins, die Beziehung des Myosins zur Gerüstsubstanz, haben nicht zur Befestigung der ersten beigetragen, indem sie die Analogien zwischen Starre und Contraction nicht vermehrten. Auch die von mir gefundenen Thatsachen stehen mit Hermann's Hypothese nicht recht im Einklang; man versteht nicht, warum dann die CO_2-Bildung gar nicht in irgend einem Zusammenhang mit der Erwärmung steht, während doch der Sauerstoff von gewissen Grenzen ab die bestimmteste Abhängigkeit von der Wärme zeigt.

Soll man eine durch die Wärme hervorgerufene Neubildung der fictiven Substanz unter O-Aufnahme annehmen, wenn noch gar keine vermehrte Zersetzung derselben in der CO_2-Bildung nachweisbar ist? Mir ist auch durch verschiedene andere Beobachtungen am normalen Thier nicht wahrscheinlich, dass jene Moleküle, welche ernährend wirken, in ein Eiweissmolekül als Bestandtheile eingetreten sein müssten, wie Hermann's Hypothese fordert.

Es lassen sich nun alle gefundenen Thatsachen in einfacher Weise erklären, ohne weit von diesen mit einer Hypothese auszuholen. Das

[1] A. a. O. S. 65 ff.

Parodoxe einer mit der Temperatur nicht variablen CO_2-Ausscheidung verschwindet, wenn man sich klar legt, dass die bei verschiedenen Temperaturen ausgeschiedenen CO_2-Moleküle nicht gleichwerthig zu sein brauchen. Wie das gleichzeitige Verhalten des Sauerstoffs lehrt, sind die bei niederer Temperatur im Muskel auftretenden CO_2-Moleküle eines auf einen Gährungsprocesse zurückzuführenden Ursprungs; wahrscheinlich ist es aber nicht bloss eine Substanz, welche zerlegt wird, sondern, es kommen vielmehr mannigfaltige Spaltungen vor; sie haben das Gemeinsame, dass kein O[1] benöthigt wird.

Beim Steigen der Temperatur nimmt die Zahl der durch einem Gährungsvorgang erzeugten CO_2-Moleküle ab, die directe Oxydation des C wohl, auch die von H treten ein.

Wenn nun wie anderweitige Schlussfolgerungen dargethan haben, das Wesentliche des Lebensvorganges nur in den Uebertragungen der Kraft auf die Zellen zu suchen, beziehungsweise danach zu bemessen ist, so ist es begreiflich, dass die Ausscheidung von CO_2 bei einem Gährungsvorgange, welche mit relativ unbedeutender Entwickelung von Kraft verläuft, schon durch oxydative Vorgänge geringer Ausdehnung vollkommen ersetzt werden kann. Der Unterschied wird selbst dann ein wesentlicher bleiben, wenn der Gährungsvorgang etwa nicht allein in Abspaltung von CO_2, sondern auch in Abspaltung von H besteht, obschon in diesen Fällen durch Reduction O-haltiger Verbindungen ausser der Spaltungswärme noch weiterer Wärmezuwachs auftreten kann. Wir nehmen also an, dass dem Muskel die zweifache Fähigkeit zukomme:

1) Gährungsvorgänge (in engstem Sinne) einzuleiten
2) Oxydative Spaltungen herbeizuführen.

Wie weit letzter Vorgang durch die Zelle selbst eingeleitet wird, lässt sich nicht sagen; man könnte sich recht wohl auch denken, dass jederzeit der erste Hebel zur Zerlegung durch den Gährungsvorgang eingesetzt wird; ein weiterer Zerfall der Gruppe könnte dann in ähnlicher Weise stattfinden, wie Hoppe-Seyler manche Stoffe, bei deren Zerlegung H frei wird, durch den activirten O zerfallen lässt. Ob jemals im Säugethiermuskel ein Gährungsvorgang ohne die Aufnahme jeder Spur Sauerstoff stattfindet, ist durch meine Versuche nicht bewiesen.

d. Beziehungen der Muskelrespiration zur Respiration des Gesammtkörpers eines Thieres.

Es ist von grossem Interesse, der vielfach angestrebten Frage über die Grösse der Respiration einiger Organe etwas näher zu treten; wir wollen

[1] Oder nur äusserst wenig.

versuchen, ob sich auf Grund der gemachten Experimente irgend etwas über die Grösse der Betheiligung der Muskeln an der Gesammtrespiration eines in Ruhe befindlichen Thieres aussagen lasse. Es sind vielfach Versuche gemacht worden diese Grösse zu bestimmen.

Wenn man von denjenigen Verfahren absieht, welche wegen der unzureichenden Methodik oder falschen Versuchsanordnung keine Bedeutung haben, so bleibt etwa zunächst das Bestreben J. Ranke's, welcher aus der Blutvertheilung Schlüsse auf die Betheiligung am O-Verbrauch ziehen wollte.

Ohne Kenntniss der Blutgeschwindigkeiten und des Gasgehalts des Blutes lässt sich aber Nichts beweisen. Ranke hat auch mit Hülfe eines kleinen Respirationsapparates die CO_2-Ausscheidung des Frosches untersucht und das gleiche Thier dann nach der Amputation eines Beines wieder zu einem Respirationsversuch verwendet. Der Ausfall in der CO_2-Production zeigte sodann die Betheiligung des Organes an der CO_2-Bildung an. Er rechnet dabei so, dass er annimmt 11 Procent des Körpers beständen aus Drüsen, 89 Procent träfen auf den „Bewegungsapparat". Unter letzterem sind nicht nur Muskeln, sondern offenbar auch Knochen-, Haut- und Bindegewebe gemeint. Nun finden sich für den Bewegungsapparat nur 60 Procent der gesammten CO_2-Production; 40 Procent treffen auf die Drüsen. Man kann freilich vermuthen, dass die Versuche nicht ganz rein den Ausfall der CO_2-Bildung, welcher durch die Muskeln erzeugt worden ist, zeigen; denn möglicherweise verhalten sich doch auch die Frösche nicht ganz indifferent gegen die Amputation eines Beines, und jeder bedingte Reizzustand hätte wohl auch den Abfall der CO_2-Bildung zu klein erscheinen lassen.

Eine feinere Methode zur Bestimmung der Betheiligung des Muskels aus respiratorischen Gasaustausches ist offenbar die Curarisirung eines Thieres. Auch wenn man den Abfall der Körpertemperatur der vergifteten Thiere durch Einsenken in ein warmes Bad hintanhält, fällt die Sauerstoffzehrung um 35·5 Procent ab, verglichen mit der Sauerstoffzehrung eines Thieres, welches schon solange es unvergiftet war, in einem warmen Bade gehalten wurde.

Das ist also eine ganz wesentliche Herabsetzung, bedingt durch den Ausfall aller jener Processe, welche im Säugethiermuskel durch Vermittelung der Nerven hervorgerufen werden. Eine genaue Bestimmung der Betheiligung der Muskeln an der Respiration geben aber auch Versuche mit Curare nicht. Man muss vielmehr noch bedenken, dass auch die curarisirten Muskeln eine gewisse Grösse der Respiration zeigen. Es ist nun keinem Zweifel unterworfen, dass zwischen curarisirten Muskeln und solchen, deren Nerv durchschnitten ist, kein Unterschied in der Respirationsgrösse vorhanden ist. Da nun aber bei der Durchspülung des Hundemuskels bei

meinen Versuchen offenbar jener Gaswechsel untersucht wurde, welchen auch vom Nerven getrennte Muskeln zeigen würden, so füllen diese Beobachtungen, jene Lücken aus, welche die Versuche mit Curare gelassen haben. Meine Versuche haben zwar dieses Endziel nicht angestrebt; es ist aber doch von einigem Interesse, etwas Näheres über die Betheiligung der Muskeln an der Respiration zu erfahren.

Man kann etwa folgende Berechnung anstellen:

Normale Kaninchen zehren wenn sie in ein Bad von 39° C versenkt sind, nach Finkler und Örtmann 673·2 ^{Ccm} O bei 0° und 760^{mm} Druck. Da nun Kaninchen etwa 13 Procent Ballast im Darm haben, so trifft auf 1 Kilo darmreines Thier 773 ^{Ccm} O. Die complete Curarisirung vermindert die Oxydation auf 436·2 ^{Ccm} = 501 ^{Ccm} O pro 1 Kilo darmreines Thier.

Wie gross ist nun aber die O-Zehrung der in dem Thier befindlichen curarisirten Muskeln? Aus meinen Versuchen muss, wie leicht einzusehen ist, jene Zahl ausgewählt werden, welche der Temperatur 39° am nächsten liegt; es muss ferner berücksichtigt werden, dass die Zahl nicht einem Muskel entlehnt sein darf, der vorher abgekühlt war, weil dadurch ja die Lebenseigenschaften geschwächt worden sind. Diesen Bedingungen entspricht die bei 39·5° bestimmte O-Zehrung mit 78·6 ^{Ccm} O pro 1 Kilo Muskel.

Wenn nun 1 Kilo darmreines Thier 45 Procent Muskeln enthält, so zehrt die in einem Kilo Thier enthaltene Muskelmasse 35·4 ^{Ccm} O. Da also 1 Kilo curarisirtes Thier 501 ^{Ccm} O zehrt, aber 35·4 ^{Ccm} auf O-Zehrung durch die Muskelsubstanz kommen, so verbleiben demnach 465·6 ^{Ccm}, welche für Drüsen, Knochen u. s. w. zu rechnen sind, d. i. rund 60 Procent; 40 Procent entsprechen den unversehrten Muskeln. Aus diesen Zahlen kann man auch ableiten, dass 88 Procent der im Muskel ablaufenden Processe dem Nerveneinfluss unterstehen, 12 Procent dagegen nicht.

Man wird die Respirationsverhältnisse des künstlich durchbluteten Warmblütermuskels vielleicht auffallend finden, wenn man die Respiration unversehrter Thiere betrachtet, deren Temperatur stark erniedrigt ist, z. B. winterschlafender Murmelthiere oder Kaltblüter mit niedriger Temperatur. Was die ersteren anlangt, so sind die in ihnen ablaufenden Processe ganz andere als bei den warmblütigen Thieren, weil sie O aufzuspeichern vermögen; wie bekannt zeigen sie auffallend niedrige respiratorische Quotienten. Mit den Kaltblütern aber kann eine genaue Uebereinstimmung in allen Eigenschaften nicht wohl erwartet werden.

Im O-Verbrauch ist allerdings bei den niedrigsten Temperaturen kein Unterschied zwischen dem abgekühlten Muskel und einem Kaltblüter. Dagegen zeigt der Säugethiermuskel eine viel grössere CO_2-Bildung, wie kalt gehaltene unversehrte Thiere. Bei fortschreitender Erwärmung verhalten

sich aber letztere wesentlich anders als der Muskel; ihre O-Zehrung wächst rasch. Diese Verschiedenheit beruht zweifellos auf der Zunahme der Erregbarkeit des Nervensystems der Kaltblüter bei Zunahme der Temperatur.

Man könnte aber auch auf den Gedanken kommen Vergleiche mit den von Velten[1] angestellten Versuchen zu ziehen, welcher die Respirationsproducte verschieden temperirter, curarisirter Kaninchen (bis 22° C herab) untersucht hat. Hier hinkt ein Vergleich erst recht, indem es sich dabei zunächst um Thiere handelt, deren Muskelrespiration fast Null ist; ausserdem aber erstrecken sich seine Versuche nur bis 22°. Die Resultate stehen aber trotzdem nicht in Widerspruch mit den meinen, für das gleiche Temperaturintervall ausgeführten. Die respiratorischen Quotienten zeigen besonders bei den niederen Temperaturen häufig wie in meinen Fällen einen Werth, welcher über 1·0 liegt.

Dies drückt sich allerdings in den Generaltabellen nicht so aus; man kann sich aber davon überzeugen, wenn man aus den Einzelnversuchen sich selbst die Quotienten berechnet.

---

[1] Pflüger's *Archiv.* Bd. XXI. S. 361 ff.

Untersuchungen zur Mechanik des quergestreiften Muskels.

Zweite Abhandlung.[1]

Von

J. v. Kries.

(Nach Versuchen von Dr. med. **Hochhaus**).

Aus dem physiologischen Institut zu Freiburg i. Br.

Die Abhängigkeit der Muskelthätigkeit von den mechanischen Bedingungen, unter welchen der Muskel arbeitet, ist bis jetzt sehr wenig erforscht. In früheren Untersuchungen[2] habe ich gezeigt, dass die Weber'sche (oder Fick'sche) Schematisirung zum Verständniss der Zuckungen, die ein Muskel bei gleichem Reize unter verschiedenen mechanischen Bedingungen ausführt, in keiner Weise ausreicht. Aus mehreren Versuchsmethoden ergaben sich dort gewisse, jenem Schema gegenüberzustellende theoretische Vorstellungen; aber auch diese sind zu allgemein, als dass man sie verwenden könnte, um weitere Fragen dieses Gebietes mit quantitativen Angaben zu beantworten, gerade wie auch die Fick'sche Vorstellung dies nur leisten könnte, wenn ein angebbares und allgemein gültiges Functionalverhältniss zwischen Dehnbarkeit und natürlicher Länge sich hätte auffinden lassen. Es scheint mir deshalb von Wichtigkeit, zunächst ganz ohne theoretischen Ausblick eine Anzahl empirischer Regeln in diesem Gebiete zu gewinnen, welche vielleicht, wenn sie erst in einer gewissen Reichhaltigkeit vorhanden sind, eine mehr oder weniger vollständige Kenntniss der einschlägigen Verhältnisse repräsentiren können.

[1] Vgl. *dies Archiv.* 1880. S. 348.

[2] A. a. O. S. 350.

Ob es gelingt, solche Regeln zu finden, muss natürlich wesentlich von einem glücklichen Griff abhängen, der aus der grossen Mannichfaltigkeit der Variirungen gerade solche herausfindet, die einen Erfolg von übersehbarer Gleichartigkeit mit sich führen. Einige solcher Regeln sind in der eben citirten Arbeit schon enthalten, so z. B. der Satz, dass eine Zuckung um so grössere Höhe erreicht, je weniger Arbeit der Muskel im Verlauf der Zuckung zu leisten hat. Ein besonders einfacher Fall ist auf meine Veranlassung von Hrn. Dr. Hochhaus untersucht worden; es handelt sich dabei um das Verhältniss isotonischer[1] Zuckungen, welche mit verschiedenen Belastungen ausgeführt werden.

Bezeichnen wir die Hubhöhen für grosse oder kleine Gewichte (immer isotonische Zuckungen vorausgesetzt) mit H_P und H_p, so ist der Quotient $\frac{H_p}{H_P}$ eine Grösse, welche aus manchen Gründen eine gewisse Aufmerksamkeit zu verdienen scheint.

Es ist bekannt, dass ein frischer Muskel, von maximalen oder nahezu maximalen Reizen getroffen, grosse und kleine Belastungen annähernd gleich hoch hebt, jener Quotient also annähernd gleich 1 ist. Bei kleinen und sehr kleinen Reizen muss zuvörderst ein gewisses Missverständniss aufgeklärt werden, welches durch die bisherige Litteratur geht und auf einer nicht ganz scharfen Fragestellung beruht. Schon vor mehr als 20 Jahren zeigte Hermann,[2] dass bei indirecten Reizungen derselbe Reiz als Schwellenwerth gefunden werde, ob der Muskel stark oder schwach belastet sei. Betrachtet man diesen Satz als streng gültig, so kann man sagen: Es bewirkt dieselbe Reizstärke bei grossen und bei kleinen Belastungen sehr kleine Zuckungen. Dieser Satz findet sich nun dort schon und später wiederholt[3] in der missverständlichen und nicht correcten Form ausgesprochen, dass bei minimalen Reizen die Hubhöhen für grosse und kleine Lasten gleich (so gross nämlich, wie bei dem angewandten Apparat zur Unterbrechung eines metallischen Contactes erforderlich war) würden.

---

[1] Isotonisch nenne ich mit Fick solche Zuckungen, bei welchen während des ganzen Zuckungsverlaufes der auf den Muskel ausgeübte Zug merklich constant ist. Man erhält sie, wie bekannt, durch Benutzung eines sehr leichten Schreibhebels und Application des Gewichtes in sehr kleinem Abstand von der Axe.

[2] Hermann, Ueber das Verhältniss der Muskelleistungen zu der Stärke der Reize. *Dies Archiv.* 1861.

[3] Kronecker, Ueber Ermüdung und Erholung der quergestreiften Muskeln. *Berichte der K. Sächsischen Gesellschaft der Wissenschaften.* 1871. S. 771.
Tiegel. *Ebenda.* 1875. S. 26.
Hermann, *Handbuch der Physiologie.* Bd. I. S. 72.

Indessen ergeben die Versuche doch thatsächlich nur, dass eine etwaige Differenz der bei grosser und bei kleiner Last erforderlichen Reizstärken sehr klein ist, d. h. in die Fehlergrenzen fällt. Dass aber bei einem bestimmten Reiz die Hubhöhen wirklich gleich sind, ist nicht bewiesen, und kann ohne Messung derselben auch nicht bewiesen werden. Das Resultat der Hermann'schen Versuche scheint mir vielmehr dahin zu formuliren, dass die Zuckungen, unabhängig von den Belastungen, bei einer und derselben Reizstärke = 0 werden, oder m. a. W., dass der Schwellenwerth des Reizes von der Belastung unabhängig ist. Stellt man die Hubhöhe der beiden Belastungen in ihre Abhängigkeit von der Reizstärke durch die beiden Curven *a* und *b* dar, so übersieht man leicht, dass die Identität des Schwellenwerthes über das Verhältniss der Grösse sehr kleiner Zuckungen nichts involvirt. Man übersieht auch ferner, dass wenn man die Reizstärken sucht, welche bei grosser und kleiner Last eine gewisse Zuckungsgrösse ergeben, man allerdings ganz streng dieselben erst für die unendlich kleinen Zuckungen erhalten sollte, dass aber, wenn man die Zuckung äusserst klein (z. B. auf die zur Unterbrechung eines metallischen Contacts nöthige Grösse) normirt, auch jene Differenz eine äusserst geringe sein muss, und für unsere gegenwärtigen Hülfsmittel nicht nachweisbar sein wird. Dies wäre nur dann anders, wenn sich die Zuckungshöhen mit abnehmender Reizstärke asymptotisch der Null näherten, was aber nicht der Fall ist.

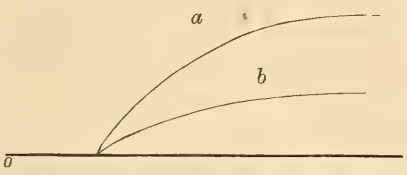


Fig. 1.

Es scheint, mit Rücksicht auf theoretische Ergebnisse, nicht überflüssig darauf aufmerksam zu machen, dass auch die von Hermann angegebene Beziehung des erwähnten Satzes auf die Weber'sche Theorie irrthümlich ist. Unter Zugrundelegung dieser ist die Zuckungsgrösse nämlich

$$l\ (1+\alpha p)\ -\ l^1\ (1+\alpha^1 p)$$

wo l die natürliche Länge des ruhenden, l^1 die des thätigen Muskels, α die Dehnbarkeit des ruhenden, α^1 die des thätigen Muskels ist. Bei abnehmendem Reiz nähert sich l und l^1, ebenso α und α^1. Für die grossen Gewichte wird die Hubhöhe

$$l\,(1+\alpha P)\ -\ l^1\ (1+\alpha^1 P).$$

Bei unendlich kleinen Zuckungen wird, mit Vernachlässigung der unendlich kleinen zweiter Ordnung für die Zuckungsgrösse zu setzen sein

$$l-l^1\ +\ l\ (\alpha-\alpha^1)\ p.$$

Der Quotient der Zuckungen bei grosser und kleiner Last wird

$$\frac{l-l^1 + l\ (\alpha-\alpha^1)\ p}{l-l^1 + l\ (\alpha-\alpha^1)\ P.}$$

Dass dieses bei unendlich kleinem Werth des Zählers und Nenners = 1 werde, beruht auf der weiteren ganz willkürlichen Annahme, dass der Werth $(\alpha-\alpha^1)\ p$ viel schneller abnehme als $\frac{l-l^1}{l}$, so dass schliesslich das Verhältniss von Zähler und Nenner nur durch den (gleichen) Werth $l-l^1$ bestimmt werde.[1]

In Wirklichkeit ist aber eine Angabe über den Grenzwerth, welchem dieser Quotient sich nähert, gar nicht zu machen, wenn das Functionalverhältniss zwischen $(\alpha-\alpha^1)$ und $(l-l^1)$, zwischen der Veränderung der natürlichen Länge und derjenigen der Dehnbarkeit nicht bekannt ist.

Betrachtet man $(l-l^1)$ als unabhängige Variable, $(\alpha-\alpha^1)$ als Function, so ergiebt die bekannte Regel der Differenzialrechnung für jenen Quotienten den Grenzwerth

$$\frac{1+l\frac{d(\alpha-\alpha^1)}{d\ (l-l^1)}\ p}{1+l\frac{d(\alpha-\alpha^1)}{d\ (l-l^1)}\ P}$$

welcher im Allgemeinen jeden beliebigen Werth haben kann.

Wir müssen also zwei Sätze scharf von einander unterscheiden: der erste mag der Schwellen-Satz heissen; er sagt aus, dass der Schwellenwerth des Reizes von der Belastung unabhängig sei; dieser Satz ist das Resultat der Hermann'schen Versuche. Der zweite dagegen sagt aus, dass bei minimalen Reizen das Verhältniss der Hubhöhe für grosse und kleine Lasten sich der Gleichheit annähere. Er ist experimentell nicht bewiesen, wohl aber seine Annahme durch eine laxe Formulirung des ersteren nahe gelegt. Er folgt auch aus keiner Theorie, speciell nicht aus der Weber'schen in der von Hermann und Fick angenommenen Form. Der Schwellensatz dagegen kann nicht als eine besondere Bestätigung dieser Theorie angesehen werden; denn dass ein und derselbe Reiz, unabhängig von dem Spannungszustand

[1] Hermann argumentirt einfach (S. 389), dass bei immer schwächerem Reize der Unterschied der Dehnbarkeit des ruhenden und des thätigen Muskels immer geringer werden muss; somit können bei minimalem Reiz die beiden Dehnungscurven als parallel betrachtet werden. Indem er aber hieraus folgert, dass die minimale Verkürzung bei allen Belastungen gleich ist, übersieht er, dass in dem Maasse, als die Curven parallel werden, auch ihr Abstand abnimmt, dass sie als parallel erst bei unendlich kleinem Abstand vorausgesetzt werden können, und dass somit über das Verhältniss ihrer Abstände an verschiedenen Stellen (Zuckungshöhen bei verschiedenen Belastungen) nichts gefolgert werden kann.

des Muskels sich wirksam zu erweisen gerade noch im Stande oder gerade nicht mehr im Stande ist, das ist offenbar eine Thatsache, die in keiner directen Beziehung dazu steht, wie während der Zuckungen sich die mechanischen Verhältnisse geltend machen. —

Die zur Beantwortung gestellte Frage war also die: Welches Verhältniss besteht zwischen (isotonischen) Zuckungen desselben Muskels, bei verschiedenen Belastungen, welches ist der Werth des Quotienten $\frac{H_p}{H_P}$ und wie ändert sich dieser Werth zunächst bei Variirung der Reizstärke. Aus dem Bisherigen geht hervor, dass zur Beantwortung der Frage weder Versuchsmaterial noch theoretische Anhaltspunkte vorhanden sind.

---

1. Das Verhalten des curarisirten Muskels.

Da es für eine derartige Untersuchung selbstverständlich erstes Erforderniss ist, über durchaus gleichmässige und von jeder Unregelmässigkeit freie Reizerfolge zu verfügen, so benutzten wir zuvörderst curarisirte Muskeln des Frosches. Von diesen erhält man bekanntlich ohne Schwierigkeit bei directer Reizung durch Inductionsschläge vollkommen gleichmässige untermaximale Zuckungen, vorausgesetzt, dass die Inductionsschläge unter Beobachtung gewisser Vorsichtsmaassregeln erzeugt werden. Die Versuche wurden theils am Gastrocnemius, theils am vereinigten Semimembranosus und Gracilis ausgeführt oder auch an einem der letzteren allein. Es bedarf, um die Versuche correct zu gestalten, noch einer Hülfsvorrichtung. Die Absicht ist nämlich die, den stark und den schwach belasteten Muskel gleich stark zu reizen. Dies würde nicht ganz streng erreicht werden, wenn man ohne Weiteres denselben Inductionsschlag den schwächer oder stärker gespannten Muskel durchsetzen liesse. Da nämlich bei stärkerer Belastung der Muskel (wenn auch nur wenig) länger und dünner ist, so hat er in diesem Zustande auch einen grösseren Leitungswiderstand und der den Muskel durchsetzende Strom würde schwächer sein als der unter sonst gleichen Verhältnissen den entspannten Muskel treffende. Dieser Fehler würde, wie man sieht, die bei grossen Belastungen gewonnenen Zuckungen zu klein machen. Er lässt sich in sehr einfacher Weise corrigiren, indem man in den Reizungskreis ausser demjenigen Muskel, dessen Zuckungen beobachtet werden sollen, noch einen zweiten, möglichst gleichen einschaltet, und die Spannungszustände der beiden Muskeln immer alterniren lässt. Sollten z. B. die Spannungen des zu beobachtenden Muskels abwechselnd 10 und 60 ^{grm} betragen, so würde der Hülfsmuskel jeweils mit 60 resp. 10 ^{grm} belastet. Auf diese Weise erhält man in dem secundären Kreise in beiden Fällen sehr annähernd den gleichen Widerstand. Man

überzeugt sich leicht, indem man gelegentlich diese „Compensation“ fortlässt, dass der Fehler, welcher durch sie corrigirt werden soll in der That merklich, aber innerhalb der angewandten Belastungswechsel nicht sehr erheblich ist, so dass eine nur annähernde Ausgleichung (eine ganz genaue ist natürlich so nicht zu erreichen), als genügend betrachtet werden kann.

Es erübrigt noch zu sagen, dass zur Gewinnung isotonischer Zuckungen ein sehr leichter Schreibapparat verwandt und das Gewicht als Zug an der Axe angebracht wurden. Die Zuckungen wurden in achtfacher Vergrösserung auf die langsam rotirende Trommel eines Baltzar'schen Kymographions aufgeschrieben. Die Reize, in regelmässiger Folge durch ein Metronom ausgelöst, liessen wir im Allgemeinen in Intervallen von 2 bis 3 Sec. aufeinander folgen. Der (übrigens sehr geringe) Einfluss der Ermüdung wird eliminirt, indem man wenige (5—6) Zuckungen bei grosser Last vergleicht, mit dem Mittel aus dem, was unmittelbar vorher und unmittelbar nachher bei kleiner Last geleistet wurde. Hierbei ist nur zu beachten, dass die erste und in der Regel auch die zweite Zuckung nach dem Belastungswechsel, wegen der elastischen Nachwirkung, ausser Acht gelassen werden muss.

Die Versuche dieser Art ergeben ein sehr einfaches Resultat, welches wir ganz ausnahmslos gültig fanden. Jederzeit ist die Hubhöhe für die geringe Belastung grösser als für die stärkere und das Verhältniss dieser beiden Hubhöhen ist bei den schwächsten Reizen am meisten von der Gleichheit entfernt, um sich bei Verstärkung der Reize mehr der Gleichheit zu nähern. Der Quotient $\frac{H_p}{H_P}$ hat also seinen grössten Werth bei den allerschwächsten Reizen und nähert sich der Einheit bei der Verstärkung der Reize.

Als Beispiel mag die folgende Tabelle dienen.

Versuch vom 6. Mai 1883.

a.			b.		
Zuckung bei 72 grm in Mm.	Zuckung bei 12 grm in Mm.	Qu.	Zuckung bei gr. Gew. in Mm.	Zuckung bei kl. Gew. in Mm.	Qu.
0·4	2·0	5·0	0·5	3·7	7·4
0·9	3·5	3·9	1·5	6·7	4·4
2·1	6·3	3·0	2·5	8·4	3·5
4·9	10·5	2·2	5·6	14·6	2·6
9·6	20·0	2·1	9·7	25·0	2·5
16·0	29·2	1·8	15·0	29·8	1·9
21·0	38·0	1·8	16·5	31·2	1·8
12·0	26·1	2·2	18·0	33·1	1·8
5·7	15·0	2·6	13·4	29·3	2·1
3·7	10·3	2·8	7·3	22·9	3·1
2·1	8·3	3·9	3·5	16·9	4·8
1·1	7·0	6·4	2·1	13·2	6·2
			1·2	7·8	6·5
			0·5	4·0	8
			0·2	1·9	9·5

Wie man sieht wird die Belastung 12 grm bei den allerschwächsten Reizen, die noch messbare Zuckungen ergeben, 6 bis 8 mal so hoch gehoben als die Belastung 72 grm; bei allmählicher Verstärkung der Reize geht das Verhältniss bis auf 1·8 herunter. Man kann, wie sich von selbst versteht, Zuckungen noch sehen, welche schon zu klein sind, um noch messbare Aufzeichnungen zu geben; es lässt sich daher nicht mit Gewissheit sagen, ob unser Quotient noch höhere Werthe erreichen würde, wenn es gelänge, noch kleinere Zuckungen zu messen. Dagegen lässt sich soviel mit Sicherheit ermitteln, dass der Schwellensatz auch für den curarisirten Muskel zutreffend ist, d. h. der Schwellenwerth des Reizes für grosse und kleine Belastungen derselbe ist. Der Quotient erhält also niemals den Werth 0 oder ∞.

Es erschien hiernach von Interesse festzustellen, ob bei den schwächsten Reizen ein bestimmtes, allemal gleiches Verhältniss der Hubhöhen für eine grosse und eine kleine Belastung sich herausstellt. Insbesondere könnte man denken, dass vielleicht eine sehr einfache Beziehung hier obwalten möchte, nämlich die Hubhöhe den Gewichten umgekehrt proportional, somit die Arbeitsleistung bei minimalen Reizen von den Belastungen unabhängig wäre. Indessen sprechen unsere Erfahrungen nicht dafür, dass dies genau zutrifft. So übertrifft z. B. in den oben angeführten Versuchen der Quotient der Hubhöhen (7·4 bis 9·5) den Quotienten der Belastungen (6); doch bleibt hier zu berücksichtigen, dass gerade bei den kleinsten Zuckungen sehr kleine Fehler in den Messungen der Höhen den Quotienten schon erheblich beeinflussen können, noch mehr, dass ein vielleicht für das Muskelelement streng gültiger Satz mehr oder weniger dadurch verdeckt wird, dass der Reiz den stärker gespannten Muskel nothwendig in etwas anderer Vertheilung durchsetzt als den schwächer gespannten. In der Regel bleibt der äusserste, mit Sicherheit zu bestimmende Quotient der Hubhöhe hinter dem der Belastungen nur dann zurück, wenn man sehr starke Belastungen verwendet, wodurch es dann unmöglich wird, die allerschwächsten Reize zu benutzen. Wenn man sich mit einer rohen Annäherung begnügen will, kann man allerdings sagen, dass der obige Satz als richtig angesehen werden darf. Bei einer Uebersicht mehrerer Versuchsreihen findet sich bei Belastungsverhältniss 6 das grösste Hubhöhenverhältniss = 4·6, 5·6, 7·0; 8·0; 5·9; 5·3; 6·5; 7·0, 6·9.

Der gefundene Satz lässt sich in einer anderen Form aussprechen, in welcher er einem theoretischen Verständniss näher gerückt erscheint. Wir können nämlich zuvörderst sagen, dass bei minimalem Reiz die kleine Belastung stets höher gehoben wird, als die grosse und dass alsdann bei Verstärkung der Reize die Zuckungen bei grosser Last in stärkerem Verhältnisse wachsen. Der letzte Theil des Satzes erscheint nicht ganz unverständlich, wenn man erwägt, dass der bei kleiner Last zuckende Muskel schon ziemlich geringe Längen erreicht.

2. Einfluss der Ermüdung des Muskels und der Temperatur.

Von grossem Interesse und leicht zu beantworten erschien die Frage, ob eine specifische Wirkung der Ermüdung des Muskels anzunehmen sei, dahin gehend, dass die Hebung grosser Lasten in stärkerem Maasse oder schon frühzeitiger beeinträchtigt werde als die Zusammenziehung bei geringer Belastung. Bekanntlich wird eine solche jetzt meist angenommen; indessen ist eine Berechtigung hierzu offenbar nur aus einer Vergleichung der Thätigkeitsmaasse des ermüdeten Muskels mit dem untermaximal gereizten frischen Muskel herzuleiten, welche bisher nicht ausgeführt worden ist. Ein genauerer Vergleich war in der Weise auszuführen, dass zunächst am ganz frischen Muskel bei minimalem Reiz die Hubhöhen für eine grosse und eine kleine Last ermittelt wurden; sodann wurde, bei stets maximaler Reizung, der Muskel ermüdet, bis die Zuckungen auf die Grösse jener vom frischen Muskel erhaltenen Minimalzuckungen heruntergegangen waren und nun wiederum grosse und kleine Belastung verglichen. Zu einem genauen Vergleiche empfiehlt es sich natürlich, gleich von Anfang nicht bloss einen, sondern zwei oder drei Reizstärken zu verwenden und ebenso bei dem allmählichen Fortgange der Ermüdung mehrmals den Quotienten der Hubhöhen zu bestimmen. Verfährt man in dieser Weise, so überzeugt man sich, dass die Quotienten für den ermüdeten Muskel durchaus dieselben sind wie für den untermaximal gereizten frischen Muskel. Als Illustrirung dieses Verhältnisses diene die folgende Tabelle.

Versuch vom 26. Juni 1883.

Zuckung bei gr. Gew. in Mm.	Zuckung bei kl. Gew. in Mm.	Qu.	Zuckung bei gr. Gew. in Mm.	Zuckung bei kl. Gew. in Mm.	Qu.
0·4	2·6	6·5	21·3	41·7	1·8
0·55	3·8	6·9	11·2	30·0	2·6
1·6	8·6	5·3	7·5	23·2	3·0
3·0	9·6	3·2	3·6	17·2	4·8
5·2	17·0	3·2	0·35	2·2	6·3
7·3	19·2	2·6	Ermüdet und maximal gereizt.		
12·8	28·1	2·2			
*15·7	32·6	2·0	2·8	16·4	5·8
18·3	36·5	1·9	1·0	6·2	6·2
20·3	38·8	1·8	0·5	2·9	6·0

Auch dieses Gesetz stellt sich übrigens nur als mit einer gewissen Annäherung giltig heraus, ein Verhalten, was nicht überraschen kann. Wiederum nämlich mischen sich für die untermaximalen Reize des frischen Muskels jedenfalls kleine Fehler störend ein, die daher rühren, dass nicht der ganze Muskel gleichmässig gereizt wird. Vielmehr wird unter diesen Umständen, wenn der Inductionsschlag den ganzen Muskel durchsetzt, nur eine mehr oder weniger kleine Partie in der Umgebung der Kathode in Erregung versetzt, unzweifelhaft aber im stark und schwach gespannten

Muskel nicht ganz genau dieselben Elemente. Dass dieser Umstand von Einfluss ist, kann man daraus erkennen, dass bei frischem minimal gereiztem Muskel nicht selten einfache Umkehrung der Reizungsströme genügt, um kleine, aber deutliche Veränderungen des Hubhöhen-Quotienten zu bewirken. Aehnliche Schwierigkeiten haften auch der Ermüdung des Muskels an. Auch mit maximalen Reizen und selbst bei regelmässigem Wechsel der Stromrichtung ermüdet man schwerlich den ganzen Muskel gleichmässig. Kleine Abweichungen von der vollen Uebereinstimmung können unter diesen Umständen nicht befremden, und es dürfte trotz derselben gerechtfertigt sein zu sagen, dass eine besondere Wirkung der Ermüdung hinsichtlich der Hebung gerade grosser Lasten nicht besteht; es verhält sich vielmehr der ermüdete Muskel (direct gereizt) grossen und kleinen Lasten gegenüber ganz ebenso wie der frische, wenn er untermaximal gereizt wird. Dieser Satz ist für den ganzen Muskel annähernd, für das Muskelelement aller Wahrscheinlichkeit nach streng giltig. Es darf hierbei wohl daran erinnert werden, dass, wie ich in der ersten dieser Abhandlungen gezeigt habe, auch in ihrem Verhalten bei plötzlichem Belastungswechsel der untermaximal tetanisirte frische und der (maximal tetanisirte) ermüdete Muskel eine wesentliche Uebereinstimmung zeigen. Demnach liegt vorläufig wenigstens kein Hinderniss vor, anzunehmen, dass man es in beiden Fällen mit wesentlich demselben Zustande des Muskels zu thun habe, nämlich mit einem unvollständigen Uebergang aus dem ruhenden in den thätigen Zustand; unvollständig nicht sowohl in dem Sinne, als ob ein Theil des Muskels hieran participirte und ein anderer nicht, sondern vielmehr so, dass das einzelne Element von der ganzen Scala der Zustände zwischen Ruhe und voller Thätigkeit nur die ersten Stufen durchläuft.

Ob sich das soeben für den curarisirten Muskel bezüglich der Ermüdung gefundene Resultat allgemein bewähren wird, bleibt zuvörderst abzuwarten. Wenn indessen dies der Fall sein sollte, so würde wohl hierdurch eine zwar hergebrachte und geläufig gewordene, aber doch eigentlich sehr räthselvolle Annahme ihre Erledigung finden.

Eine Anzahl von Versuchen wurde gemacht, um zu ermitteln, ob die Temperatur des Muskels auf den Hubhöhen-Quotienten von Einfluss wäre. Da der ganze Vorgang der Zuckung durch die mechanischen Verhältnisse beeinflusst wird, so erschien es leicht denkbar, dass der Einfluss einer grossen Belastung etwa für die sehr langsam verlaufende Zuckung des kalten Muskels sich anders darstelle als für die schnelle des erwärmten. Es zeigte sich indessen, dass diese Veränderung des Zuckungsverlaufs den Hubhöhen-Quotienten ebenso wenig beeinflusste als die analoge Veränderung, welche in den Versuchen über Ermüdung ja auch eingeschlossen ist.

3. Reizung vom Nerven aus.

Die Lösung der gleichen Aufgabe für den vom Nerven aus gereizten Muskel (es wurde hier stets der Gastrocnemius benutzt) erweist sich insofern als schwieriger, als es bei dieser Art der Reizung mehrerer Vorsichtsmaassregeln bedarf, um bei wiederholter Application desselben (nicht maximalen) Reizes immer gleiche Zuckungen zu erhalten. Es gelang dies indessen in sehr befriedigender Weise und bei Benutzung derselben Reizmethode (Inductionsschläge, Quecksilbercontact mit Spülung), wenn 1) das Praeparat mit Kochsalzlösung ausgespült war und 2) der Hüftnerv nicht durchschnitten, sondern nur ein kleines Stückchen desselben an der unteren Hälfte des Oberschenkels freigemacht war, so dass sich Ludwig'sche Hartgummi-Elektroden bequem anlegen liessen. Es sind auf diese Weise die künstlichen Querschnitte in der Nähe der Reizstelle vermieden, welche offenbar die Gleichmässigkeit der Reizerfolge in hohem Grade beeinträchtigen. Die entfernt gelegenen Zerstörungen, welche bei der Ausbohrung des Rückenmarkes stattfinden, erwiesen sich nicht als schädlich, so dass keine Veranlassung vorlag, dasselbe zu erhalten und dafür etwa Chloralvergiftung einzuführen. Sodann ist grosse Aufmerksamkeit erforderlich, um zu verhüten, dass beim Wechseln der Belastung etwa Verschiebungen des Praeparates gegen die Elektroden eintreten. Wir erreichten das mit Sicherheit erst dann, als wir sowohl den Stumpf der Tibia als auch das Femur mit Drahtschlingen völlig unbeweglich an das Brettchen fixirten, an welchem auch die Elektroden ihre Befestigung fanden. Bei tadelloser Herstellung der Versuchsbedingungen ist dann der Versuch im Vergleich zur directen Muskelreizung insofern einfacher, als die Manipulation der Compensation hier fortfällt. Die Resultate stimmen qualitativ mit jenen überein. Auch hier zeigt sich, dass der Hubhöhen-Quotient mit abnehmender Reizstärke zunimmt. So betrug, um ein Beispiel anzuführen, bei einem Verhältniss der Belastung 6 : 1 das Verhältniss der Hubhöhe bei Maximalreizen 1 : 1·5, um mit abnehmender Reizstärke bis auf 4·0 und 4·3 zu steigen. Als ausführliche Illustration desselben Verhaltens mögen die folgenden Tabellen dienen.

Versuch vom 28. Juni 1883. Verhältniss der Belastungen 6:1.

I.

Zuckung bei gr. Gew. in Mm.	Zuckung bei kl. Gew. in Mm.	Qu.
0·5	1·6	3·2
1·5	3·1	2·1
2·4	4·5	1·8
4·0	6·2	1·5
6·3	7·7	1·2
4·8	6·0	1·3
3·4	4·5	1·3
1·5	3·5	2·3
0·6	1·9	3·2
0·5	1·6	3·2

II.

Zuckung bei gr. Gew. in Mm.	Zuckung bei kl. Gew. in Mm.	Qu.
1·0	2·2	2·2
1·5	3·1	2·0
3·3	4·4	1·3
4·4	5·6	1·3
2·9	4·1	1·4
1·0	2·5	2·5
1·9	3·9	1·8
0·8	2·4	3
0·4	1·3	3·2

III.

Zuckung bei gr.Gew.in Mm.	Zuckung bei kl.Gew.in Mm.	Qu.
0·6	1·7	2·9
1·8	3·5	1·9
2·4	4·3	1·8
3·7	4·9	1·4
1·5	3·7	2·4
0·9	2·6	2·9
0·2	1·0	5

IV.

Zuckung bei gr.Gew.in Mm.	Zuckung bei kl.Gew.in Mm.	Qu.
0·3	1·2	4
0·5	1·7	3·4
1·0	2·5	2·5
2·4	3·7	1·5
1·0	2·5	2·5
0·7	2·1	3·0
0·5	1·8	3·6
0·3	1·3	4·3

Wir suchten endlich auch für die indirecte Reizung eine etwaige Veränderung dieses Abhängigkeitsverhältnisses durch die Ermüdung des Praeparats zu eruiren. Eine solche war im Allgemeinen ebenso wenig vorhanden wie bei der directen Muskelreizung. In einigen Fällen jedoch zeigte sich eine auffallende Erscheinung, über welche hier kurz berichtet werden mag, obwohl sie nicht constant, ja nicht einmal häufig ist und wir die Bedingungen ihres Auftretens nicht anzugeben vermögen. Nach der Einwirkung nämlich einer grossen Zahl von Reizen beobachteten wir einige Male, dass der Muskel bei grosser Belastung gleiche oder sogar grössere Hubhöhen ergab als bei kleinen. Da das Verhältniss beim frischen Praeparate niemals vorkommt, so könnte man daran denken, hier der Ermüdung gerade den entgegengesetzten Einfluss wie den gewöhnlich angenommenen zuzuschreiben. Doch wird eine solche Erklärung schon wegen der grossen Flüchtigkeit und Inconstanz der Erscheinung nicht plausibel erscheinen. Näher liegt es, daran zu denken, dass vielleicht kleine Aenderungen des mechanischen Zuges, denen ja auch die unteren Theile des Nerven ausgesetzt sind, unter besonderen Umständen in's Spiel kommen können. Von diesem Standpunkt aus würde von einer gleich starken indirecten Reizung des Muskels überhaupt nur mit einer gewissen Vorsicht gesprochen werden können, da man nicht sicher sein könnte, dass der gleiche dem Nerven applicirte Reiz auf die gespannten und nicht gespannten Muskelelemente mit gleicher Stärke übertragen wird. Diesen Schwierigkeiten der theoretischen Deutung Rechnung zu tragen, wird die Aufgabe einer späteren Zeit sein. Für jetzt handelt es sich, wie schon eingangs gesagt, nur um die Gewinnung von empirischen Regeln bezüglich der mechanischen Leistung des Muskels unter verschiedenen Verhältnissen. Aus dem hier Mitgetheilten möchte ich zum Schlusse zwei Resultate hervorheben. Erstlich, dass bei dem direct und durch Momentanreize gereizten Muskels die Ermüdung keinen specifischen Einfluss auf die Fähigkeit, grosse und kleine Lasten zu heben, ausübt, vielmehr der ermüdete Muskel sich ebenso verhält wie

der schwach gereizte frische. Zweitens möchte ich mit Bezug auf die älteren Untersuchungen von Fick und die neueren von Tigerstedt daran erinnern, dass bei Verstärkung der Reize die Hubhöhen bei grosser und kleiner Last nicht proportional wachsen. Hieraus geht, in Verbindung mit dem Schwellensatz, hervor, dass die von Fick und Tigerstedt gesuchte Curve, welche die Abhängigkeit der Hubhöhen von den Reizstärken darstellen soll, für grosse und kleine Lasten nicht dieselbe ist, dass sie also ohne Berücksichtigung der Belastungsgrösse nicht allgemein giltig ermittelt werden kann.

Ueber einen Fundamentalsatz aus der Theorie der Gesichtsempfindungen.

Von

J. v. Kries und Cand. med. **Brauneck**.

Aus dem physiologischen Institut zu Freiburg i. B.

Als Fundamentalsätze über die Erscheinungen der Farbenmischung kann man die drei Sätze bezeichnen, welche von Helmholtz[1] folgendermaassen formulirt sind:

1) Jede beliebig zusammengesetzte Mischfarbe muss gleich aussehen wie die Mischung einer bestimmten gesättigten Farbe mit Weiss.

2) Wenn von zwei zu vermischenden Lichtern das eine sich stetig ändert, so ändert sich auch das Aussehen der Mischung stetig.

3) Gleich aussehende Farben gemischt geben gleich aussehende Mischungen.

Von diesen Sätzen ist der erste hinreichend erklärt durch die Annahme einer in bestimmter Weise beschränkten Variabilität der Erregungszustände des Sehorgans, wie sie von den Componententheorien angenommen wird. Die beiden letzten Sätze erklären sich sehr einfach, wenn man in Bezug auf jede dieser Componenten eine vollkommen ungestörte Superposition der Wirkungen aller verschiedenen gleichzeitig einwirkenden Lichtarten annimmt. In der That sieht man leicht, dass wenn die Wirkungen aller einfachen Lichter auf jede Componente sich einfach zu einander addiren, der Gesammteffect zweier gemischter Lichter gleich sein muss,

[1] Helmholtz, *Physiologische Optik*. S. 283.

sobald die Einzeleffecte ihrer Bestandtheile bezüglich gleich sind. Dass eine solche Superposition wirklich stattfindet, erscheint von vorneherein in hohem Grade wahrscheinlich, als absolut selbstverständlich darf es aber freilich nicht angesehen werden. Lässt man Licht verschiedener Wellenlängen durch einen absorbirenden Körper hindurchgehen, so nimmt man an, dass die Absorption jeder einzelnen Lichtart unabhängig von jeder anderen stattfinde. Die Erwärmung des betreffenden Körpers könnte also ausgedrückt werden als die Summe der Erwärmungen, welche jedes einzelne Licht hervorbringt. Auch könnte man in Anlehnung an den obigen Satz sagen, dass gleich erwärmende Lichter zusammengemischt gleich erwärmende Mischungen geben. Obwohl, meines Wissens, directe experimentelle Bestätigungen dieses Satzes (der Unabhängigkeit der Absorptions-Erscheinungen von einander) nicht vorliegen, so kann derselbe doch wohl als hinreichend bewährt gelten, sofern er einer unzählbaren Menge Untersuchungen zu Grunde gelegt worden ist und seine etwaige Unrichtigkeit sich unzweifelhaft (abgesehen etwa von vereinzelten Ausnahmen) bereits herausgestellt haben müsste. Weniger sicher erscheint von vorneherein der gleiche Satz bezüglich der chemischen Wirkungen des Lichts. Auch hierüber aber fehlen bis jetzt directe experimentelle Untersuchungen; erwägt man eine Reihe von Thatsachen, die in neuester Zeit bekannt geworden sind, so scheint die Sache keineswegs ganz einfach zu liegen. So ist es bekannt, dass die Wirkung des Lichts auf manche Stoffe sich verändert, wenn diesen andere, sogenannte Sensibilatoren, beigemengt werden. Ferner weiss man, dass in manchen Substanzen die Wirkung des violetten Lichtes durch beigemengtes rothes Licht beeinträchtigt werden kann. Indessen liegen hierin keine eigentlichen Widersprüche gegen das Princip der Superposition der Lichtwirkungen; denn dasselbe fordert ja keine Gleichartigkeit der Wirkung sämmtlicher Wellenlängen. Vom Standpunkte der allgemeinen Mechanik wird man eine Superposition der Wirkungen sehr wahrscheinlich finden dürfen, ohne aber in Abrede stellen zu können, dass dieselbe durch secundäre Processe sofort verdeckt werden könnte. So erscheint das Princip zum wenigsten nicht geeignet um die obigen Fundamentalsätze der Farbenmischung daraus abzuleiten. Die experimentelle Bestätigung derselben entbehrt merkwürdiger Weise auch der wünschenswerthen Vollständigkeit, eine Thatsache die sich wohl daraus erklärt, dass man dieselbe bei ihrer grossen Einfachheit für selbstverständlich hielt. In jüngster Zeit sind nun einige Angaben gemacht worden,[1] welche den Fundamentalsätzen der Farbenmischung widersprechen, obwohl der Autor selbst nicht ausdrücklich darauf

[1] Albert, Ueber die Aenderung des Farbentons von Spectralfarben und Pigmenten bei abnehmender Lichtstärke. Wiedemann's *Annalen*. Bd. XVI.

hingewiesen hat. Es folgt nämlich aus jenen Sätzen ohne Weiteres, dass wenn zwei Lichter a und b für unser Auge gleich erscheinen, diese Gleichheit auch weiter besteht, wenn wir zu a nochmals a, zu b nochmals b hinzufügen, dass somit auch 2 a gleich erscheint mit 2 b. Das lässt sich beliebig fortsetzen und es folgt, dass allgemein, wenn zwei Lichtmischungen gleichen Empfindungseffect haben, auch ihre n fachen Intensitäten unter sich gleich erscheinen müssen, eine Beziehung auf welche ich schon früher aufmerksam gemacht habe.[1] Im Gegensatz hierzu findet sich nun bei Albert die Angabe, dass ein homogenes und ein aus Roth und Grün gemischtes Gelb, wenn sie bei mittlerer Lichtstärke einander gleich seien, bei herabgesetzter Lichtstärke sich verschieden verhalten. Während nämlich das homogene Gelb bei Verminderung seiner Intensität allmählich röthlicher zu werden scheine, soll im gemischten Gelb vielmehr allmählich das Grün mehr und mehr überwiegen, so dass gerade die entgegengesetzte Veränderung des Farbentones an demselben bemerkbar würde. In ähnlicher Weise soll sich ein homogenes Blau von einem aus Grün und Violett gemischten unterscheiden. Die Ursache dieser auffallenden Erscheinung ist nach Albert darin zu erblicken, dass „einer Verringerung der Intensität verschiedenfarbigen Lichtes eine verschieden grosse Verminderung der Empfindungsstärke entspricht, in der Weise, dass dieselbe für Strahlen kleinerer Wellenlänge, gleichviel, welchem Theile des Spectrums sie angehören, langsamer abnimmt als für Strahlen grösserer Wellenlänge."

Mit anderen Worten, wenn auf eine Componente das Quantum a des Lichtes L_1 und b des Lichtes L_2 gleiche Wirkung hat, so müsste jedesmal $\frac{1}{100}\,a$ von L_1 stärker wirken als $\frac{1}{100}\,b$ L_2, wenn L_1 von kürzerer Wellenlänge ist als L_2. Bei der grossen theoretischen Bedeutung der Frage erschien eine Prüfung der Albert'schen Angaben sehr wünschenswerth, und das um so mehr als aus Albert's Versuchen der betreffende Thatbestand doch nicht mit voller Sicherheit gefolgert werden kann. Es muss nämlich als ein äusserst unsicheres Verfahren bezeichnet werden, die scheinbaren Aenderungen des Farbentones, welche bei einer Variirung der objectiven Intensität eintreten, ohne Weiteres zu beurtheilen. Es erscheint denkbar, dass eine Menge von Nebenumständen hierauf influiren. Haben wir ein Licht für sich in sonst ganz dunklem Gesichtsfelde und vermindern die Intensität desselben, so mag die scheinbare Veränderung des Farbentones eine andere sein als wenn gleichzeitig noch andere Lichter gesehen werden, und wieder mag es einen Unterschied machen ob diese ebenfalls gleichzeitig ihre Intensität verändern oder nicht. Bei den Versuchen, welche Albert anstellte, befand sich im Gesichtsfelde allemal das intensive und das

[1] *Die Gesichtsempfindungen und ihre Analyse.* S. 51.

abgeschwächte Licht, behufs Vergleichung ihres Farbentones. Da nun nach dem oben Erörterten ein wesentliches und selbständiges Interesse der Giltigkeit des Superpositionsprincips zukommt, so lag es für diesen Zweck näher und war viel sicherer hierzu einen directen Weg einzuschlagen. Dies hatte einfach so zu geschehen, dass im Spectralapparat Mischungsgleichungen (d. h. zwei helle Felder von objectiv verschiedenen für das Auge aber gleich erscheinenden Lichtern) eingestellt wurden und festgestellt ob dieselben noch giltig blieben bei gleichzeitiger Verminderung der Intensität sämmtlicher in die Mischung eingehender Lichter in gleichem Betrage.

Es diente zu diesen Versuchen eine Einrichtung des Spectralapparates, welche in allen wesentlichen Stücken mit derjenigen übereinstimmte, welche ich früher beschrieben habe.[1] Die Abweichungen von der damaligen Anordnung sind ganz geringfügige und dienen nur der bequemeren Handhabung des Apparates. Es genügt hier, daran zu erinnern, dass bei demselben zwei unmittelbar aneinanderstossende Felder erleuchtet werden können und zwar das eine mit einem homogenen Licht mit Hinzufügung beliebiger Mengen von unzerlegtem Weiss, das andere mit einer Mischung zweier einfacher Lichter. Dabei geht sämmtliches Licht, welches in das Auge des Beobachters gelangt durch einen Ocularspalt von 4^{mm} Höhe und $0{\cdot}8^{mm}$ Breite. Die gleichmässige Variirung der sämmtlichen Lichtintensität lässt sich, da die verschiedenen Lichter aus verschiedenen Lichtquellen (Spalten) geliefert werden, nicht ohne Unbequemlichkeit durch eine gleichmässige Variirung sämmtlicher Spaltbreiten erreichen. Viel einfacher ist es und zugleich hinsichtlich der genauen Proportionalität viel sicherer, die Grösse des in's Auge gelangenden Strahlenkegels zu variiren. Dies geschieht am einfachsten, indem vor den verticalen Ocularspalt, zwischen ihn und das beobachtende Auge ein horizontaler Spalt von variabler Breite gebracht wird. Indem dieser verengert wird, kann man die sämmtlichen in's Auge kommenden Lichter genau proportional vermindern, vorausgesetzt, dass sie alle die ganze Höhe des Ocularspaltes ausfüllen. Ist diese Höhe h und die Breite des Horizontalspaltes d, so hat die Abschwächung im Verhältniss $h:d$ stattgefunden. Die Versuche, welche in dieser Weise angestellt wurden, betrafen die Vergleichung von homogenem Gelb und Orange mit solchem, das aus Roth *(C)* und Gelblichgrün bis Grün (*E* bis *b*) zusammengesezt war; ferner Vergleichungen von homogenem Blau mit aus Grün und Violett gemischten, endlich Vergleichungen von gewöhnlichem unzerlegtem Weiss mit solchem das aus zwei Complementärfarben gemischt war. Es wurden dabei die Gleichheiten mit grösster Sorgfalt hergestellt und ev. die kleinen Sättigungs-

[1] M. v. Frey und J. v. Kries, Ueber die Mischung von Spectralfarben. *Dies Archiv.* 1881.

differenzen durch minimale Weisszusätze zu der homogenen Farbe ausgeglichen. In allen Fällen zeigte sich, dass die Gleichheit der beiden Felder bei beliebigen Abschwächungen sämmtlicher Lichter vollkommen erhalten blieb. Dass für den letzteren Fall, Vergleichung von gewöhnlichem Weiss und solchem, das aus zwei Complementärfarben gemischt ist, die Sache sich so herausstellen würde, liess sich übrigens schon aus einer Angabe von Helmholtz vermuthen. Dieser fand, dass wenn man aus zwei Lichtern Weiss gemischt hat, proportionale Vermehrung (oder Verminderung) beider die Mischung weiss bleiben lässt.

Die proportionale Verminderung sämmtlicher Lichtintensitäten war bei unserer Methode auf die denkbar einfachste und correcteste Weise herbeigeführt. Es erschien nicht überflüssig zu prüfen, ob vielleicht die Differenz der Albert'schen Resultate durch die von ihm benutzte Verdunkelungsmethode, den Episkotister bedingt sei. Auch diese liess sich an unserem Apparat leicht anbringen; es wurde einfach eine geschwärzte Scheibe mit schmalem Ausschnitt unmittelbar vor den Ocularspalt aufgestellt und in hinreichend schnelle Rotation versetzt.

Auch in diesem Falle zeigte sich dasselbe Resultat und es ist Keinem von uns gelungen, auch bei den stärksten Graden der Verdunkelung einen Farbenunterschied zwischen den beiden Feldern zu entdecken.

Es folgt nun hieraus, dass in der That, wenn die physiologischen Wirkungen zweier Lichter gleich sind, auch bei gleichmässiger Intensitätsvermehrung oder -Verminderung beider die Effecte gleich bleiben, so wie man es anzunehmen geneigt war.

Es ist vielleicht nicht überflüssig, noch ausdrücklich vor einer Verwechselung zu warnen. Nach dem eben Erörterten ist die Abhängigkeit der Erregungszustände einer bestimmten Componente von der objectiven Intensität des Lichtes dieselbe für jedes beliebige Licht. Etwas ganz anderes ist die Frage, ob diese Abhängigkeit auch für die verschiedenen Componenten eine und dieselbe sei. In der ursprünglichen Form der Helmholtz'schen Theorie wird das bekanntlich nicht angenommen; vielmehr soll mit der Intensitätszunahme des objectiven Lichtes die „Rothempfindung" schneller wachsen als die Blauempfindung. Diese Annahmen werden durch die obigen Resultate gar nicht berührt. Was wir erörterten, ist die Gleichartigkeit des Verhaltens einer Componente sämmtlichen Lichtarten gegenüber; hier dagegen handelt es sich um den Vergleich der verschiedenen Componenten untereinander. Selbstverständlich lag es nahe unsere Aufmerksamkeit auch auf die scheinbaren Veränderungen des Farbentones zu richten, welche bei der Intensitätsverminderung eintreten. Wir haben indessen weder bei diesen Versuchen noch bei anderen, in welchen eine lichtstarke und eine lichtschwache Farbe unmittelbar nebeneinander gesehen

wurden, die Ueberzeugung gewinnen können, dass sich diese Erscheinungen einer einfachen Regel einwurfsfrei unterordnen lassen. Wir fanden vielmehr, dass die Aufgabe eine lichtstarke und eine lichtschwache Farbe im Farbenton gleich zu machen, sich meist gar nicht mit nur einiger Sicherheit lösen lässt. Hiernach erscheint es denn begreiflich, dass das Urtheil über die scheinbaren Veränderungen der Farbe bei Verdunkelung ein sehr variables und durch allerhand Nebenumstände beeinflussbares ist. Daher dürfte es kaum gelingen, die Erscheinungen nach dem einfachen Schema zu erklären, dass bei zunehmender Lichtintensität die Erregungszustände einer Componente schneller oder langsamer als die einer anderen zunehmen.

Notiz über das Federrheonom.

Von

J. v. Kries.

Mit Bezug auf die Construction des Federrheonoms[1] theile ich mit, dass dasselbe von HH. Baltzar & Schmidt in Leipzig gegenwärtig in einer Form gearbeitet wird, welche von der a. a. O. beschriebenen ein wenig abweicht. Der Apparat besitzt nämlich jetzt zwei feste und drei bewegliche Elektroden, welche durch einfachste Handgriffe längs der Rinne verschoben werden können. Es ist hierdurch möglich, auch zwei lineare Schwankungen nach einander, jede von beliebiger Grösse und Steilheit, und in beliebigem Intervall, herzustellen.

Ferner ist ein kleines Schwungrad angebracht, welches einerseits die Bewegung gleichförmiger macht, andererseits die Anwendung der gewöhnlichen graphischen Verfahrungsweisen zur Geschwindigkeitsbestimmung ermöglicht.

Endlich ist eine veränderte Einrichtung für den (S. 365) beschriebenen verschieblichen, als Differenzialrheotom functionirenden Contact getroffen. Der Preis des vollständigen Apparates stellt sich auf 180 Mark. Eine einfachere Form (mit nur einer beweglichen Elektrode und ohne den oben erwähnten Contact), welche für die meisten Zwecke ausreicht, kann entsprechend etwas wohlfeiler geliefert werden.

[1] Vgl. Ueber die Abhängigkeit der Erregungsvorgänge von dem zeitlichen Verlauf der zur Reizung dienenden Elektricitätsbewegungen. *Dies Archiv.* 1884. S. 344.

Lebende Zitterrochen in Berlin.

Von

E. du Bois-Reymond.[1]

§ 1. Einleitung.

Unter den scheinbar günstigsten Bedingungen, unmittelbar an der Küste, gelang es früher nicht, Zitterrochen in der Gefangenschaft über einige Tage am Leben zu erhalten. Darauf gründete sich die von Faraday vor fünfundvierzig Jahren geäusserte Meinung, dass in gewisser Hinsicht der Zitteraal für Untersuchung der elektrischen Fische mehr als der Zitterroche sich eigne;[2] ein Ausspruch, dem ich mich noch viel später, indem ich zugleich den Zitterwels über den Zitteraal stellte, mit den Worten anschloss: „der Zitterroche kommt als Seebewohner nicht in Betracht".[3] Diese Sachlage hat sich jetzt sehr geändert.

Nicht allein ist die Kunst, Seethiere zu halten, in den während der letzten Jahrzehnde entstandenen Aquarien so weit gediehen, dass es keine Schwierigkeit mehr hat, Zitterrochen so lange wie irgend nöthig lebend aufzubewahren, sondern diese Kunst erstreckt sich auch auf den Eisenbahntransport, und ermöglicht es, die Bewohner des Weltmeers ungefährdet in's Binnenland zu versetzen. Als ich obige Worte schrieb, im März 1877,

---

[1] Aus den *Sitzungsberichten der Kgl. Preuss. Akademie der Wissenschaften* vom 13. März (ausgegeben am 20. März) 1883. Bd. I. S. 181—242. — Die Sätze zwischen eckigen Klammern sind jetzt hinzugefügt.

[2] Notice of the character and direction of the electric force of the Gymnotus (1838). In: Experimental Researches in Electricity. Reprinted from the Philosophical Transactions etc. vol. II. 1844. p. 2. No. 1752.

[3] E. du Bois-Reymond, *Gesammelte Abhandlungen zur allgemeinen Muskel- und Nervenphysik.* (In der Folge nur als „Gesammelte Abhandlungen u. s. w." angeführt.) Leipzig 1877. Bd. II. S. 611.

verfügte schon Hr. Ranvier in Paris über lebende Zitterrochen aus Concarneau am atlantischen Ocean.[1] Doch fehlten merkwürdigerweise auf der Ausstellung in den Elysaeischen Feldern, wie auch meines Wissens in München und in Wien, diese, wie George Wilson sie nannte,[2] ältesten aller elektrischen Maschinen; höchstens dass das Modell einer unterseeischen Mine an ihr Vorbild, die Torpedo, erinnerte.

Das Berliner Aquarium erhielt zuerst im Sommer 1881 Zitterrochen aus Triest. Der Director des Aquariums, Hr. Otto Hermes, der die reichen Hülfsmittel der Anstalt auf das Freigebigste und Liebenswürdigste jedem wissenschaftlichen Zwecke dienstbar macht, gestattete mir schon damals, einige Versuche anzustellen. Dabei beschränkte ich mich natürlich auf solche Maassnahmen, welche den zur Schau bestimmten Thieren nicht schaden konnten. Ich habe früher wiederholt auseinandergesetzt, weshalb unter diesen Umständen der Besitz lebender elektrischer Fische nicht so fruchtbringend ist, wie man sich vorzustellen pflegt.[3] Allein Hr. Dr. Hermes hat neuerlich die ausserordentliche Güte gehabt zu veranstalten, dass das physiologische Institut durch das Aquarium von Triest aus mit Zitterrochen versehen werde, an denen ich nach Belieben experimentiren, und die ich nach Gutdünken opfern darf. Es bedarf kaum der Bemerkung, eine wie günstige Aussicht sich damit der Lehre von den elektrischen Fischen, also mittelbar der allgemeinen Muskel- und Nervenphysik, eröffnet. Eine Torpedo zu freier Verfügung in einem deutschen physiologischen Laboratorium kann für den Fortschritt unseres Wissens möglicherweise mehr leisten, als (um in Shylok's Weise zu reden) ein ganzer Meerbusen voll Zitterrochen da, wo man erst eine Bussole aufstellen muss, und wo wegen Eines zu Hause gelassenen oder auf der Reise zerbrochenen Apparates vielleicht der schönste Versuchsplan zu nichte wird.

So habe ich denn schon im vorigen Sommer zwei, in diesem Winter drei Zitterrochen hier verarbeitet und daran mehrere Fragen beantwortet, die mir längst vorschwebten, wie auch die Erforschung der secundär-elektromotorischen Wirkungen des elektrischen Organes begonnen.[4] Obwohl letztere Versuche nicht entfernt abgeschlossen sind, will ich die gewonnenen

[1] *Leçons sur l'Histologie du Système nerveux.* Paris 1878. t. II. p. 88.

[2] *The Edinburgh New Philosophical Journal.* New Series. October 1857. p. 267.

[3] *Monatsberichte der Akademie.* 1858. S. 94; — *Gesammelte Abhandlungen* u. s. w. A. a. O. S. 612; — *Dies Archiv,* 1877. S. 86. — Dr. Carl Sachs' *Untersuchungen am Zitteraal... bearbeitet von* E. du Bois-Reymond u. s. w. Leipzig. 1881. S. 82. 115. (In der Folge im Gegensatz zu den „Untersuchungen über thierische Elektricität" mmer nur als Untersuchungen u. s. w." schlechthin angeführt).

[4] Ueber secundär-elektromotorische Erscheinungen an Muskeln, Nerven und elektrischen Organen. *Sitzungsberichte* u. s. w. 5. April 1883. S. 343—404.; — *dies Archiv,* 1884. S. 1—62.

Ergebnisse doch schon veröffentlichen, weil sie auch in ihrem jetzigen Zustand eine wichtige Ergänzung meiner vorjährigen Mittheilung über secundärelektromotorische Erscheinungen bilden, und weil selbst das sehr geringe Maass der Vollendung, welches ich den entsprechenden Versuchen an Muskeln und Nerven zu ertheilen vermochte, aus später erhellenden Gründen hier doch unerreichbar erscheint (s. unten S. 212).

Die Zitterrochen gehörten sämmtlich der Species T. marmorata an. Der kleinste war 25, der grösste 36 cm lang. Letzteres ist für einen europäischen Zitterrochen eine gute mittlere Grösse.

§ 2. Allgemeine Bemerkungen über die Versuche am Zitterrochen.

Die Ueberführung lebender Zitterrochen von Triest nach Berlin ist natürlich nicht bei jeder Witterung gleich gut möglich. Nicht bloss Frost hindert sie, auch Sommerhitze wird leicht den Thieren verderblich. Daher die Zeit des Jahres, innerhalb deren der Transport mit Aussicht auf Erfolg unternommen werden kann, auf die Monate April, Mai, September und October sich beschränkt.

Das physiologische Institut der Berliner Universität besitzt zwar sein eigenes, vollständig eingerichtetes Aquarium, doch zog ich vor, von dem Anerbieten des Hrn. Dr. Hermes Gebrauch zu machen, die Rochen, wenn wir ihrer nicht bedürfen, in den Becken des nur wenige Minuten vom Institut entfernten Berliner Aquariums zu beherbergen. Hier scheinen sie sich, einmal gut angelangt und in Ruhe gelassen, mindestens sechs Wochen lang gesund und hinlänglich bei Kräften zu erhalten. Nach dieser Frist starben einige Thiere, die ich aus Mangel an Musse nicht hatte rechtzeitig zu Versuchen verwenden können. Andere lebten mehrere Monate lang, im Winter bei einer Temperatur des Seewassers von nur etwa 12° C.[1] Nach Aussage des Wärters wühlen sich die Rochen, so lange sie gesund sind, in den Kies am Boden des Beckens ein und sind dann schwer vom Grunde zu unterscheiden.[2] Um andere darin befindliche Fische kümmern sie sich

[1] Vgl. meine Bemerkungen über die Temperatur, in der wechselwarme Thiere zu halten sind, in den *Gesammelten Abhandlungen* u. s. w. Bd. II. S. 605. 606 und in den *Untersuchungen* u. s. w. S. 77.

[2] Schon Réaumur und Walsh berichten, dass die Zitterrochen bei der Ebbe durch Schlagen mit den Brustflossen sich in den Sand wühlen, da es dann vorkommt, dass Fischer nackten Fusses auf sie treten und hinstürzen (*Untersuchungen* u. s. w. S. 132). — Hier sei ein mir von Ehrenberg erzähltes Torpedo-Abenteuer aufbewahrt, welches einen Begriff von der Gewalt des Zitterrochen im Rothen Meere (wahrscheinlich T. panthera) giebt. Er war mit seinem arabischen Diener auf einem Korallenriff weit und tief in die See hinausgewatet. Plötzlich schrie der Mann auf, ein Hai habe

nicht. Von den zerstückten Fischen, welche man als Futter in das Becken wirft, sah man sie bisher nichts fressen. In der Freiheit verschlingen die Zitterrochen, wie Hr. Prof. Fritsch durch Untersuchung des Mageninhaltes feststellte, unverhältnissmässig grosse Fische, welche sie wohl vorher durch elektrische Schläge lähmen.[1] Ihnen in der Gefangenschaft lebende kleine Seefische zu verschaffen, ist aber natürlich nicht leicht.

An den Versuchstagen wurde der Fisch mit einem Kesser aus dem Becken des Aquariums in einen Zuber voll Seewasser von solcher Grösse gebracht, dass zwei Männer ihn bequem trugen. Mit dem Kesser wurde er auch aus dem Zuber in die gleich zu erwähnende Versuchswanne übertragen. Das Fangen mit dem Kesser ging nicht ohne heftiges Sträuben ab, und unstreitig schlug der Fisch dabei wiederholt, wie die Zitterwelse nach Aussage des Froschweckers es zu thun pflegen.[2] Gelegentlich versuchte ich hier dasselbe zu beobachten; der Froschwecker blieb aber stumm, wohl wegen zu guter Nebenleitung durch das Seewasser (s. unten S. 191. 203).

Befand sich der Fisch einmal im Zuber oder in der Versuchswanne, so hielt er sich meist vollkommen ruhig, ohne andere sichtbare Bewegung als die an den Spritzlöchern. Wurde er nach einer längeren quälenden Versuchsreihe in den Zuber zurückgethan, so schwamm er manchmal wild umher, auch sah man ihn wohl bemüht, durch eigenthümliche undulirende Bewegungen seiner Körperscheibe die Wand des Zubers zu erklimmen.

§ 3. Von der Ableitung von Zitterfisch-Schlägen in einen Versuchskreis.

Versuchskreis nenne ich bei Zitterfisch-Versuchen nach früherer Uebereinkunft die irgendwie beschaffene, auch unterbrochene Leitung, in welche der Schlag des Fisches zur Prüfung irgend einer seiner Wirkungen abgeleitet wird.[3] Diese Ableitung so günstig wie möglich zu gestalten, ist bei diesen Versuchen natürlich eine der ersten Aufgaben. An dem aus dem

---

ihm den Fuss abgebissen, strauchelte, und war nahe daran unterzugehen. Mit dem raschen Scharfblick des Naturforschers konnte Ehrenberg ihm sogleich beruhigend zurufen: „Fürchte nicht, es steigt kein Blut in die Höhe, du hast noch deinen Fuss, und hattest nur auf einen Raâd getreten."

[1] *Sitzungsberichte* u. s. w. 1883. Bd. I. S. 205; — Die elektrischen Fische im Lichte der Descendenzlehre. In Virchow's und v. Holtzendorff's *Sammlung gemeinverständlicher wissenschaftlicher Vorträge.* 1884. XVIII. Serie. Heft 430|31. S. 34. — Auch die Zitteraale sind nach Sachs sehr gefrässig (*Untersuchungen* u. s. w. S. 109. 110).

[2] *Gesammelte Abhandlungen* u. s. w. A. a. O. S. 615. 617; — *Untersuchungen* u. s. w. S. 142. 143.

[3] *Gesammelte Abhandlungen* u. s. w. Bd. II. S. 612; — *Untersuchungen* u. s. w. S. 136.

Wasser genommenen Thier hat dies keine Schwierigkeit. Aber auch wenn man über das Leben der Thiere frei verfügt, wird man es nicht gern jedes einzelnen Versuches wegen nutzlos auf das Spiel setzen; ohnehin sind aus dem Wasser genommene Fische meist so unruhig, dass sich schlecht daran experimentirt. Es handelt sich also darum, obige Aufgabe auch an dem noch im Wasser befindlichen Thiere zu lösen.

Faraday hat sich bei seinen Versuchen am Zitteraal zuerst eigener, ständiger Vorrichtungen zu diesem Zwecke bedient. Er setzte dem Fisch zwei aussen mit Kautschuk überzogene Sättel aus Kupferblech auf. Je weiter von einander die Sättel, um so stärker war der abgeleitete Stromzweig. Wurden besonders kräftige Wirkungen erfordert, so legte Faraday auf den Boden des Troges Glasplatten, denen der Kautschukrand der Sättel sich anschloss, da dann die vom Sattel umfasste Strecke des Fisches fast so gut isolirt war wie an der Luft.[1] An Isolirung des Fisches zwischen den Sätteln scheint Faraday nicht gedacht zu haben, auch würde es kaum gelingen, dem langgestreckten, sich schlängelnden Fisch einen das ganze Thier einschliessenden Deckel aufzusetzen. Bei der grossen Macht des Zitteraal-Schlages genügte übrigens Faraday's Vorrichtung für fast alle Zwecke, nur der Entladungsfunken war damit schwer zu erhalten.[2] Ich hatte daher auch Dr. Sachs keine andere Anordnung zur Ableitung des Schlages empfohlen, und Fig. 1 zeigt einen der von ihm angewandten Sättel, die sich von Faraday's Sätteln nur in einem unwesentlichen Punkt unterscheiden: statt aus mit Kautschuk aussen überzogenem Kupferblech bestehen sie, nach Art der von mir für die Zitterwelse verfertigten Ableitungsdeckel, aus innen mit Stanniol gefütterter Guttapercha. Man erkennt links den (lackirten) Stanniolstreif, der die Belegung mit dem ableitenden Drahte verbindet.[3]

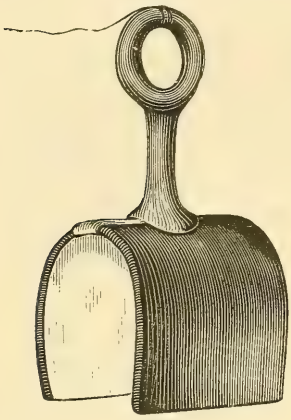


Fig. 1.

An den kleinen und vergleichsweise schwachen Zitterwelsen konnte ich mich nicht mit den, den Enden des Organes angelegten Sätteln begnügen, sondern ich musste darauf bedacht sein, den Fisch auch zwischen den Sätteln vom Wasser zu isoliren, was sich hier unschwer thun liess.

---

[1] L. c. p. 5. No. 1758—1760.

[2] L. c. p. 7. No. 1767. Note 2; — Vgl. *Untersuchungen* u. s. w. S. 158.

[3] Der Holzschnitt ist den *Untersuchungen* u. s. w., S. 154. Fig. 43, entlehnt.

So entstanden die Mumiensargdeckeln ähnlichen, an beiden Enden mit Stanniol gefütterten Ableitungsdeckel aus Guttapercha, wie man einen in Fig. 2 sieht,[1] und wie ich sie eigens für jeden Fisch über einem nach seinem Maasse geschnitzten Leisten herstellte. Beim Gebrauch der Deckel lag eine Spiegelplatte am Boden der Versuchswanne, und es war nur so viel Wasser darin, dass dessen (in der Figur der Deutlichkeit halber zu hoch gezeichneter) Spiegel aa' den Rücken des auf der Platte ruhenden Fisches tangirte. Ich bewies, dass die den Fisch zwischen den Stanniolbelegen vom Wasser isolirende Guttapercha den Schlag im Versuchskreise mehr als verdoppelte. Die Isolation war so vollkommen, dass zuweilen der Froschwecker versagte, dessen Elektroden an zwei diametral entgegengesetzten Punkten des Umfanges der Versuchswanne eintauchten, und sie wäre noch vollkommener gewesen, wenn ich auch die hintere Oeffnung der Deckel mit einer die Schwanzflosse überwölbenden Kappe verschlossen hätte.

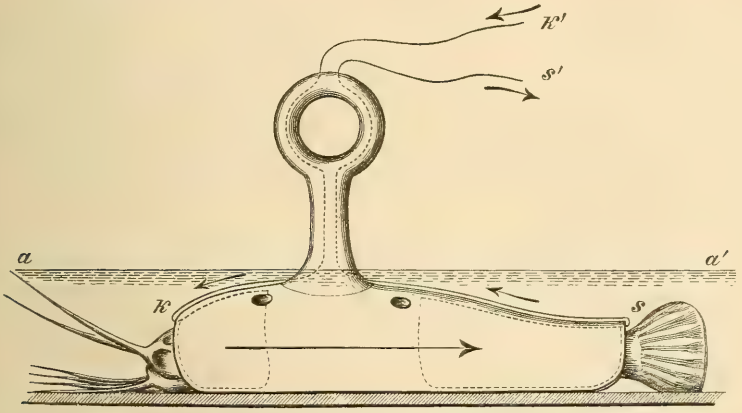


Fig. 2.

Bei Anfertigung dieser Deckel bot sich das Problem, den Belegen die Länge zu ertheilen, welche den stärksten Strom im Versuchskreise giebt. Bei grösserem Widerstand des Kreises fand ich einen längeren, bei kleinerem einen kürzeren Beleg vortheilhafter.[2] So hatte ich es erwartet, und dass dem so sein müsse, sieht man folgendermaassen ein.

Die Fortsetzungen kk', ss' der Belege in Fig. 2 kann man als Enden des Versuchskreises auffassen, welche die Belege ableitend berühren. Nach

[1] Der Holzschnitt ist den *Gesammelten Abhandlungen* u. s. w., Bd. II. S. 614. Fig. 42, entlehnt.

[2] *Gesammelte Abhandlungen* u. s. w. Bd. II. S. 636. 637.

dem Helmholtz'schen „Principe von der elektromotorischen Oberfläche“[1] ist die Stärke des Stromes im Versuchskreise gleich dem Potentialunterschied der Punkte der Belege, welche seine Enden berühren, dividirt durch den Widerstand des Versuchskreises + dem des Organes, des Fisches, des umgebenden Wassers u. s. w. zwischen jenen Punkten. Die Belege stellen nämlich nicht bloss Ableitungen von den Enden des Organes vor, sondern, sofern sie längs dessen Seitenflächen sich erstrecken, auch vergleichsweise gute Schliessungen zwischen den Enden und den Seitenflächen. Indem durch diese Schliessungen ein Theil des Schlages sich abgleicht, wird der Potentialunterschied der Enden herabgesetzt um so mehr, je kleiner der Abstand der Belege. Der Potentialunterschied der Enden des Versuchskreises wird also um so kleiner, je länger die Belege. Uebrigens wird er nicht ganz unabhängig sein von der Lage der Punkte auf den Belegen, welche die Enden des Versuchskreises ableitend berühren; denn da die Belege selber von den Enden des Organes nach ihren einander zugekehrten Rändern zu durchströmt sind, stuft sich in ihnen das Potential in derselben Richtung ab. Danach wird die aus constructiven Gründen an den Ableitungsdeckeln für den Zitterwels gewählte Anordnung, wobei die Enden des Versuchskreises beziehlich mit dem vorderen Rand des vorderen und dem hinteren Rand des hinteren Beleges verschmelzen, auch theoretisch die richtigste sein. Doch ist in der Praxis der Unterschied schwerlich von Belang.

Was den Widerstand des Organes, des Fisches u. s. w. zwischen den ableitend berührten Punkten der Belege betrifft, so ist er nach den Helmholtz'schen Gesetzen derselbe, welchen die leitende Masse einem Strom entgegensetzen würde, den eine im Versuchskreise wirksame elektromotorische Kraft hervorbrächte. In Bezug auf solchen Strom aber stellen nach bekannten Grundsätzen[2] die Belege isoëlektrische Flächen dar. Jener Widerstand wird also um so grösser sein, je kürzer, um so kleiner, je länger die Belege, da deren Ausdehnung den Querschnitt des feuchten an der Grenze des metallischen Leiters bestimmt.

Nennt man P_l, P_k die Potentialunterschiede der Enden des Versuchskreises beziehlich bei langem und bei kurzem Belege, den entsprechenden Widerstand zwischen den Belegen W_l, W_k, den grossen Widerstand im Versuchskreise R, den kleinen r, so bestehen erfahrungsmässig die Ungleichheiten

$$\frac{P_k}{W_k + R} > \frac{P_l}{W_l + R}, \quad \frac{P_l}{W_l + r} > \frac{P_k}{W_k + r}.$$

[1] Poggendorff's *Annalen der Physik und Chemie*. 1853. Bd. LXXXIX. S. 211 ff.

[2] G. S. Ohm, *Die galvanische Kette mathematisch bearbeitet*. Berlin 1827. S. 128; — G. Kirchhoff in Poggendorff's *Annalen* u. s. w. 1843. Bd. LXIV. S. 500. Anm. 2.

Dies setzt voraus, dass auch die Ungleichheiten $P_k > P_l$, $R > r$ erfüllt sind, und da, wie wir sahen, letzteres erwiesen ist, so ist das beobachtete Verhalten erklärt. Der durch den Versuchskreis sich ergiessende Strom setzt sich dabei in jedem Punkte der leitenden Masse zwischen den Belegen nach dem Parallelepiped der Kräfte zusammen mit dem Strom, welcher ohne den Versuchskreis in demselben Punkte stattfände.[1] Eine vollständige Theorie hätte hier noch die Induction und die mannigfachen Polarisationen zu berücksichtigen, doch kann dadurch an der Hauptsache kaum etwas geändert werden.

§ 4. Von der Ableitung des Zitterrochen-Schlages in einen Versuchskreis.

Bei der Bemühung, nach denselben Grundsätzen auch am Zitterrochen möglichst zweckmässige Ableitung des Schlages zu bewirken, stösst man auf Schwierigkeiten. Man müsste Rücken- und Bauchfläche jedes Organes mit einem metallischen Beleg überziehen und diese Belege von ihren medialen Rändern ableiten, welche aus Gründen, auf die wir noch zurückkommen, am Rücken die positivsten, am Bauche die negativsten Stellen sind (s. unten S. 101). Befindet sich der Fisch an der Luft, so steht solcher Ableitung nichts im Wege, und Boll, der seine Rochen ohne Weiteres aufnagelte, hatte sich, nach dem Vorbild meiner Ableitungsdeckel am Zitterwelse, mit Stanniol gefütterte Guttaperchaplatten verfertigt, die sich einerseits der Rücken-, andererseits der Bauchfläche eines Organes möglichst genau anschlossen.[2] Soll aber der Fisch im Wasser bleiben, so ist es keine leichte Aufgabe, der Bauchfläche der Organe Platten anzulegen. Noch grösser ist die Schwierigkeit, zugleich den übrigen Fisch zu isoliren, was die Leitungsgüte des Seewassers[3] hier doch gerade recht wünschenswerth macht. An einem gegebenen Fisch liesse sich das Alles erreichen, wenn man den Fisch in der Versuchswanne auf eine seine Körperscheibe überragende Guttaperchaplatte lagerte, welche den Organen entsprechend mit zwei Belegen versehen wäre, deren mediale Ränder mit dem einen Ende des Versuchskreises sich verbänden; während dem Rücken des Fisches eine nach dessen Wölbung gebogene Guttaperchaplatte aufgesetzt würde, welche

[1] Vgl. Helmholtz, a. a. O. S. 219. — In den *Gesammelten Abhandlungen* gab ich (a. a. O.) von der verschiedenen Wirkung der langen und der kurzen Belege eine weniger durchdachte Erklärung, in welcher der nicht hinlänglich bestimmte Begriff einer „mittleren Spannung der Belege" vorkam. An die Stelle dieser Erklärung hat die hier gegebene zu treten.

[2] *Dies Archiv.* 1873. S. 18.

[3] Vgl. Arthur Christiani, in den *Untersuchungen* u. s. w. S. 411 ff.

zwei ebenso gelegene und abgeleitete Belege trüge, die Schwanzwurzel frei liesse und sonst überall am Umfang der Körperscheibe sich der unteren Platte anschlösse. Allein in der Ausführung stellt sich dieser theoretisch untadelhafte Plan als wenig tauglich heraus. Der Fisch bleibt auf der

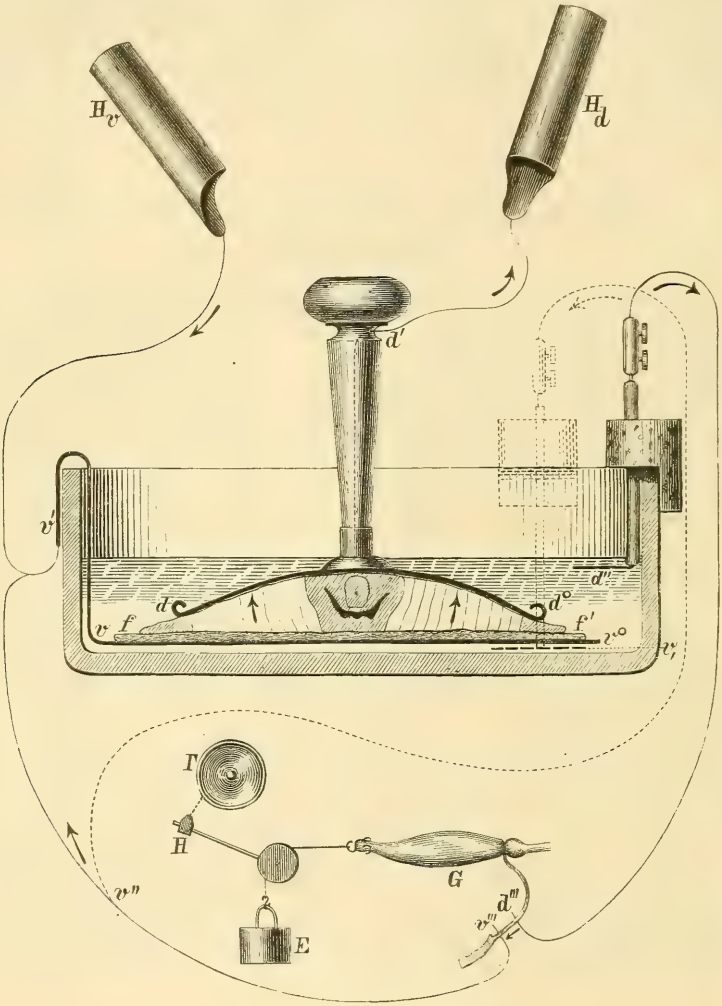


Fig. 3.

unteren Platte nicht so liegen, wie er sollte; das Herstellen der oberen Platte ist bei ihrer Ausdehnung, doppelten Krümmung, geringen Wölbung sehr schwierig; sie wirft sich, so dass ihr windschiefer, welliger Rand sich der unteren Platte nur schlecht anschliesst; endlich da es sich nicht, wie

einst an meinen Zitterwelsen, darum handelt, an Einem am Leben zu erhaltenden Exemplar möglichst lange experimentiren zu können, so ist ein nur einem bestimmten Thier angepasster Apparat nicht einmal von grossem Nutzen. Ich blieb deshalb bei der weniger rationellen, aber viel einfacheren und schliesslich genügenden Anordnung stehen, die man in Fig. 3 schematisch abgebildet sieht.

Als Versuchswanne dient ein flach cylindrischer Glashafen von 30^{cm} Durchmesser und 10^{cm} Tiefe. Auf seinem Boden liegt ein kreisrundes Zinkblech vom ungefähren Durchmesser der Körperscheibe, der Bauchschild $v\,v^0$, welchem ein Streif $v\,v'$, angebogen ist, der hakenförmig über die Wand des Hafens heraushängt. Mit diesem Streif verbunden ist das eine Ende des Versuchskreises. In der Figur ist angenommen, dass dem menschlichen Körper ein Schlag ertheilt werden solle. Alsdann befinden sich im Versuchskreise zwei Handhaben, zu deren einer, H_v, der Draht $v'\,H_v$ führt. Den Bauchschild bedeckt ein gleich grosses mit Seewasser getränktes kreisförmiges Stück Flanell $f\,f'$, damit der Rand des dem Fisch aufzusetzenden Rückenschildes $d\,d^0$ nie den Bauchschild berühre, da dann der Erfolg im Versuchskreise so nichtig würde, wie in Humboldt's und Gay-Lussac's Schüsselversuch.[1] Auf dem Flanell liegt der Fisch, den die Figur in einem durch die Organe geführten Querschnitt zeigt. Der Rückenschild ist eine nach der Gestalt des Fisches gebogene Zinkplatte mit umgelegtem Rand, oberhalb lackirt, in der Mitte mit einem Holzgriff, durch welchen der ableitende Draht $d'\,H_d$ isolirt zur zweiten Handhabe läuft. Der der Medianebene des Fisches entsprechende Durchmesser des Rückenschildes ist darauf roth bezeichnet. Ich habe für verschieden grosse Zitterrochen zwei verschiedene Rückenschilde, den einen von 22, den anderen von 18^{cm} Durchmesser. Der Hafen enthält so viel Seewasser, dass dessen Spiegel den Rücken des Fisches tangirt.

§ 5. Trägheit der Zitterrochen in der Berliner Gefangenschaft.

Das Aufsetzen des Deckels genügte, um die Zitterwelse zum Schlagen zu veranlassen, und wenn sie nicht ermüdet waren, schlugen sie zwei bis dreimal hintereinander;[2] hielt man den Deckel über ihnen fest, noch öfter unter Zappeln bis zur Ermüdung. Die Zitterrochen dagegen liessen sich das Aufsetzen des Rückenschildes oft gefallen, ohne zu reagiren, auch gab

[1] Gilbert's *Annalen der Physik.* 1806. Bd. XXII. S. 8; — *Untersuchungen über thierische Elektricität.* Bd. II. Abth. I. S. 15. 105; — *Gesammelte Abhandlungen* u. s. w. Bd. II. S. 695.

[2] *Gesammelte Abhandlungen* u. s. w. Bd. II. S. 617. 618.

es kein sicheres Mittel, sie bei aufgesetztem Schilde zum Schlagen zu bewegen. Sie liessen sich an der Rücken- wie an der Bauchfläche, soweit diese vom Umfange der Körperscheibe her zugänglich war, drücken, reiben, stechen, zwicken, ohne ihre Kraft zu äussern. Selbst dann erfolgte kein Schlag, als ich einer aus dem Wasser ragenden Hautstelle die mit der ganz aufgeschobenen secundären Rolle des Schlitteninductoriums verbundenen Duchenne'schen Pinsel anlegte, obschon der Gastroknemius im Froschwecker tetanisirt wurde.

Da die Thiere, an denen ich dies erfuhr, bei weitem nicht so lange gefangen waren und gefastet hatten, wie meine Zitterwelse, so muss man wohl einen Unterschied in der Natur der Zitterrochen und Zitterwelse annehmen. Liest man aber Walsh's, Humboldt's, Matteucci's, Hrn. Colladon's Angaben über die Leistungen ihrer frischgefangenen Zitterrochen,[1] so scheint jener Unterschied in nichts bestehen zu können, als in rascherem Kraftverlust der Zitterrochen, und in der That berichtet Boll in Uebereinstimmung mit Matteucci, dass „die Energie der elektrischen Organe in der Gefangenschaft sehr schnell abnimmt."[2]

Je ungewisser es danach im einzelnen Versuche blieb, ob der Fisch geschlagen habe oder nicht, um so wünschenswerther war es hier, durch den Froschwecker Gewissheit darüber zu erhalten. Fig. 3 zeigt, wie ich ihn mit dem Fisch zu verbinden pflegte. Man erkennt leicht das gewohnte Schema, den Gastroknemius G, die Glocke Γ, den Hammer H, den Schroteimer E. Die eine Ringelektrode v''' der (in der Figur fortgelassenen) Reizungsröhre hing durch den Draht $v'' v'$ mit dem Bauchschilde zusammen, zur anderen, d''', führte der Draht $d''' d''$ von einer kreisrunden 3 cm im Durchmesser haltenden Zinkplatte d'', welche vom Rande des Hafens wagerecht hinabhängend in das Seewasser gerade eintauchte, und für den Froschwecker die Rolle des Rückenschildes übernahm. Bei Versuchen, wo kein Bauchschild gebraucht wurde, stand die Ringelelektrode v''' mit einer ähnlichen am Boden des Hafens befindlichen (in der Figur punktirten) Zinkplatte v, in Verbindung. So zuverlässig wie am Zitterwelse schien der Froschwecker hier nicht zu arbeiten, woran zum Theil die im Vergleich zum Flusswasser soviel bessere Nebenschliessung durch das Seewasser Schuld war. Uebrigens kam es auch besonders an den im Frühjahr hergelangten

[1] *Untersuchungen* u. s. w. S. 255. 266; — Matteucci, *Traité des Phénomènes électro-physiologiques des Animaux.* Paris 1844. p. 145.

[2] *Dies Archiv.* 1873. S. 78. — Im Winter hatte sich Prof. Fritsch auch am Mittelmeer über die Trägheit der frischgefangenen Zitterrochen zu beklagen. *Sitzungsberichte.* 1882. Bd. I. S. 500; — *dies Archiv,* 1882, S. 410.

Zitterrochen vor, dass sie reizbarer waren, und sogar wie die Zitterwelse,[1] nach Aussage des Froschweckers, aus unbekanntem Grunde von selber schlugen.

§ 6. Der Zitterrochen-Schlag am Menschen.

Hat man mit nassen Händen die Handhaben ergriffen, und ein Gehülfe reizt den Fisch mit Erfolg, so erhält man einen Schlag, der zwar nur in den Handgelenken fühlbar aus früher entwickelten Gründen[2] doch eine bessere Vorstellung von dem Phaenomen giebt, als man bei unmittelbarem Anfassen des Thieres sich zu bilden vermag. Ich habe dergestalt in meiner Vorlesung mehreren Studenten, die einander durchfeuchtete Hände reichten, den Schlag ertheilt.

Auffallend war die geringe Stärke der Zitterrochen-Schläge verglichen mit der, mir noch wohl gegenwärtigen, der Zitterwels-Schläge. Da indess bei meiner Art, die ersteren Schläge zu nehmen, deren Stärke unter dem Mangel seitlicher Isolirung, besonders bei der guten Leitung durch das Seewasser, sehr leiden musste, so kann ich diese Wahrnehmung nicht ohne Weiteres für eine Bestätigung von Hrn. Babuchin's sonst ja theoretisch einleuchtender Angabe hinstellen, dass der Zitterwels-Schlag den Zitterrochen-Schlag übertrifft.[3] Der Einfluss der Leitungsgüte des Mittels auf die Stärke des Schlages hat sich deutlich gezeigt in Hrn. Dr. Hermes' Erfahrung mit einem Zitterwelse, der jedesmal dass er (zu einem Heilzweck) in physiologische Chlornatriumlösung gebracht wurde, gerade wie in meinen Versuchen ein Gastroknemius vom Frosch,[4] darin scheinbar sein elektrisches Vermögen einbüsste.[5] Der verstorbene A. v. Bezold, der mir bei den Zitterwels-Versuchen half, schlug vor, zur Verstärkung des Schlages das Flusswasser in der Versuchswanne durch gelüftetes destillirtes Wasser zu ersetzen.[6] Da viele Fische aus der See in die Flüsse steigen, Narcine brasiliensis sogar aus dem Manzanares gefischt Humboldt in Cumaná als *Temblador* oder Zitteraal gebracht wurde,[7] könnte man vermuthlich ohne grosse Gefahr einen Zitterrochen auf einige Zeit in Süsswasser versetzen. Ich hätte gern versucht, die dabei zu erwartende Verstärkung des Schlages

---

[1] *Gesammelte Abhandlungen* u. s. w. Bd. II. S. 408.
[2] *Ebenda.* Bd. II. S. 619.
[3] *Untersuchungen* u. s. w. S. 411.
[4] *Gesammelte Abhandlungen* u. s. w. Bd. II. S. 379.
[5] *Untersuchungen* u. s. w. S. 409. 411.
[6] *Gesammelte Abhandlungen* u. s. w. S. 613.
[7] *Untersuchungen* u. s. w. S. 76. 282. 411.

zu beobachten, wäre es wegen der Trägheit der Zitterrochen nicht überhaupt aussichtslos, vergleichende Versuchsreihen über die Stärke ihres Schlages unter verschiedenen Umständen zu unternehmen.

§ 7. Ueber die Stromvertheilung am Zitterrochen.

Beistehender Holzschnitt ist die getreue Nachbildung einer Figur von Cavendish, der bei seinem Bestreben, die Wirkungen des Zitterrochen-Schlages durch gemeine Elektricität nachzuahmen, vor mehr als einem

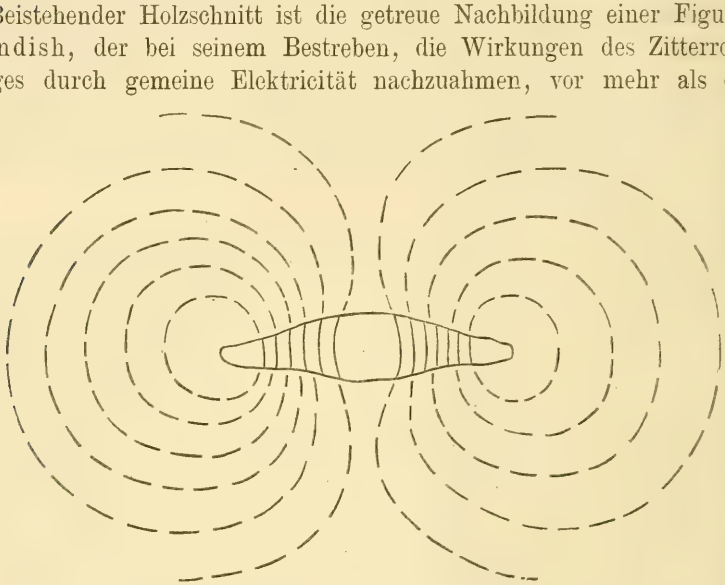


Fig. 4.

Jahrhundert zuerst zur Vorstellung von Stromcurven kam, und im Verständniss dieses äusseren Vorganges am Thier seiner Zeit so voraufeilte, dass erst Faraday wieder denselben Standpunkt einnahm. Cavendish versuchte seinen Zweck zu erreichen, indem er an einem ledernen, mit Seewasser getränkten Modell des Fisches die den Polflächen der Organe entsprechenden Stellen mit Zinnfolie überzog und durch isolirte Drähte mit einer Leidener Batterie verband.[1] Er machte so die Polflächen zu isoëlektrischen Flächen; den Verlauf der Stromcurven im Thiere selber liess er unerwähnt, und er konnte auch davon keinen sicheren Begriff sich bilden, da erst siebzig Jahre später durch mich gezeigt wurde, dass die Annahme isolirender Hüllen in den elektrischen Fischen physikalisch so entbehrlich, wie anatomisch unstatthaft sei.[2]

[1] *The Electrical Researches of the Honourable* Henry Cavendish etc. Edited by J. Clerk Maxwell etc. Cambridge 1879. p. 194.

[2] *Gesammelte Abhandlungen* u. s. w. Bd. II. S. 678.

Nach beiden Richtungen können wir heute Cavendish's Figur berichtigen und ergänzen.

Schon 1831 gelangte Hr. Daniel Colladon aus Genf in La Rochelle über die Vertheilung der Elektricität an der Oberfläche des schlagenden Zitterrochen zu folgenden drei Sätzen:

1. „Alle Punkte des Rückens sind positiv gegen einen beliebigen Punkt des Bauches. Die Stromstärke nimmt ab in dem Maasse wie jene Punkte weiter vom Organ liegen; am Schwanz ist sie fast ganz Null."

2. „Zwei asymmetrische Punkte des Rückens, oder zwei solche Punkte des Bauches geben fast stets einen Strom am Galvanometer: der den Organen nähere Punkt ist am Rücken positiv, am Bauche negativ."

3. „Bei Berührung zweier symmetrischen Punkte des Rückens oder des Bauches erhält man keine Galvanometer-Ablenkung."

Da Hr. Colladon der Erste war, welcher den elektrischen Zustand der Rücken- oder der Bauchfläche des Zitterrochen prüfte, nenne ich Ströme zwischen Punkten einer dieser Flächen Colladon'sche Ströme.

Hrn. Colladon's Versuche wurden erst 1836 bekannt. Matteucci, der kurz zuvor das Dasein solcher Ströme geleugnet hatte, berichtete das Jahr darauf (ohne Hrn. Colladon zu erwähnen), dass die den Eintrittsstellen der Nerven entsprechenden Punkte des Organes am Rücken positiv, am Bauche negativ gegen die übrigen seien; eine Angabe, welche mit der damals von ihm erfassten Irrlehre vom Ursprunge der Elektricität im Gehirne der Zitterrochen zusammenhing.[1]

Mir, der ich früh die seitdem durch Bilharz erkannte elektrische Platte vorgeahnt hatte,[2] lag eine andere Erklärung nahe. Je höher eine Zitterrochen-Säule bei gleicher Plattenzahl in der Längeneinheit ist, um so grösser muss ihre elektromotorische Kraft sein. Die Säulen nehmen von dem medialen Rande des Organes nach dem seitlichen um etwa 0·6 an Höhe ab (s. unten Fig. 5). Um ebensoviel kann die elektromotorische Kraft der medialen Säulen grösser sein als die der seitlichen. Dies erklärt, weshalb man an dem in der Luft befindlichen schlagenden Rochen einen

[1] Die Litteratur und das Nähere hierüber findet sich in den *Gesammelten Abhandlungen*. Bd. II. S. 685 ff. — Ich bemerke erst jetzt, dass der Schlusssatz des § VI auf S. 690 daselbst in Bezug auf Matteucci's vielfach wechselnde Aussagen eine Ungenauigkeit enthält, an deren Berichtigung, die nicht ohne weitläufige Auseinandersetzung möglich wäre, wohl Niemand mehr gelegen ist.

[2] Vorläufiger Abriss einer Untersuchung über den sogenannten Froschstrom und über die elektromotorischen Fische. Poggendorff's *Annalen* u. s. w. 1843. Bd. LVIII. S. 25. §§ 64. 65; — *Gesammelte Abhandlungen* u. s. w. Bd. II. S. 668. 670; — *Untersuchungen* u. s. w. S. 284. 285.

Strom zwischen medialen und seitlichen Punkten erhält, am Rücken von jenen zu diesen, umgekehrt am Bauch. Am eingetauchten Zitterrochen scheint diese Anordnung die zweckmässige Folge zu haben, dass in den von den höheren Säulen ausgehenden Stromcurven ungefähr dieselbe Stromstärke zu Stande kommt, wie in den kürzeren, von den niedrigeren Säulen entspringenden Curven.

Da Matteucci seine Meinung allmählich dahin änderte, dass er den Strom am Rücken von den dickeren zu den dünneren Stellen fliessen liess, auch zwischen Rücken und Bauch an den dickeren Stellen einen stärkeren Strom nachwies, als an den dünneren, so hat er sich wohl später (wenn auch ohne mich zu erwähnen), meiner Deutung im 'Vorläufigen Abriss' angeschlossen. Doch blieb ich selber dabei nicht stehen. Wie ich später fand, ging diese Deutung noch nicht auf den Grund. Indem ich nämlich nach Art elektrischer Platten gruppirte Zinkplatin-Elemente plötzlich in Wasser versenkte, ahmte ich sehr unvollkommen, aber für den Zweck ausreichend, den im Wasser sich ausbreitenden Schlag nach, und prüfte meine Schlüsse über dessen Vertheilung. Ich beschrieb diese Versuche schon früher ausführlich, und kann mich hier darauf beschränken, an deren Ergebniss zu erinnern.

Eine Anordnung elektrischer Platten, welche einer durch zwei Querschnitte begrenzten Scheibe aus dem einen Organ eines Zitterrochen entsprach, in welcher also die Säulen von der einen Seite zur anderen an Gliederzahl abnahmen, lieferte völlig regelmässig Ströme vor der positiven Front[1] von den höheren zu den niedrigeren, vor der negativen Front von den letzteren zu den ersteren Säulen. Aus den Versuchen ergab sich aber, und liess sich auch theoretisch ableiten, dass selbst ohne Unterschied in der Höhe der Säulen Colladon'sche Ströme entstehen. An einem elektrischen Organe von überall gleicher Säulenhöhe, das sich allein in einer unbegrenzten Wassermasse befände, würden die mittleren Bezirke der Polflächen beziehlich am positiven und negativsten sein. Man stelle sich an den Organen des Zitterrochen alle Säulen gleich hoch, die Organe nach der Medianebene verschoben, und dort miteinander verschmolzen vor. Dann wird die Mitte der Medianlinie am Rücken am positivsten, am Bauch am negativsten sein. Denkt man sich dass die Organe wieder auseinanderweichen, so werden an jedem Organe die positivsten und negativsten Stellen je nach dem Abstand der Organe eine mittlere Lage zwischen dem medialen Rand und der Mitte annehmen, welche letztere sie erst wieder erreichen, wenn die Organe unendlich weit von einander abstehen, d. h. wenn deren jedes wieder als allein vorhanden betrachtet werden kann.

[1] Vgl. *Untersuchungen über thierische Elektricität* u. s. w. Bd. I. S. 644 ff.; — *Gesammelte Abhandlungen* u. s. w. Bd. II. S. 688 ff.

So wird es klar, dass auch ohne die lateralwärts abnehmende Höhe der Säulen am Rücken und Bauch des Zitterrochen Ströme im beobachteten Sinne vorhanden sein würden. Die Verjüngung des Organes nach der Seite hin wird jedoch zur Folge haben, einmal diese Ströme zu verstärken, zweitens, die Stellen grösster Positivität und Negativität an die medialen Ränder des Organes zu verlegen. In demselben Sinne scheinen noch Neigungsstrom-Spannungen, nach Art der von mir am schrägen Muskelquerschnitt erkannten,[1] wirken zu müssen.

Aus dem Allen ergiebt sich nun aber noch eine andere Folgerung, um welche es mir hier vorzüglich zu thun ist. Wenn die medialen Ränder der Organe am Rücken die positivsten, am Bauch die negativsten Stellen sind, so sind sie also auch beziehlich positiver und negativer als die Medianlinie. Dann muss es am Rücken Ströme geben von jenen Rändern nach dieser Linie, am Bauche von dieser zu jenen. Hrn. Colladon's zweiter Satz und Matteucci's Angabe, dass die Stellen des Nerveneintrittes am Rücken und Bauche beziehlich die positivsten und negativsten seien (s. oben S. 99), lassen sich so deuten, als hätten ihre Urheber solches Verhalten schon beobachtet. Doch ist unwahrscheinlich, dass ihre Mittel dazu reichten, und dass sie etwas so Auffallendes nicht ausdrücklich erwähnt haben sollten. Wie dem auch sei, die Folge wird lehren, dass es sich verlohnte, unsere Schlüsse in diesem Punkt auf die Probe des Versuches zu stellen, und seit Jahrzehnden wartete ich auf die Gelegenheit.[2]

Ein Zitterroche von 29^{cm} Länge lag zuerst auf dem Bauch am Boden des Hafens, der nur so viel Seewasser enthielt, dass sein Rücken eben bedeckt war. Um die Schläge in den Versuchskreis abzuleiten, diente diesmal folgende Vorrichtung. Zweien in Korken eingeklemmten, verquickten Zinkplatten von 10^{cm} Länge und 2·5^{cm} Breite konnte auf die von Nörremberg angegebene Art[3] jede Stellung und jeder nöthige Abstand ertheilt werden. An die Platten waren balkenförmige,[4] gleich breite, mit Zinksulphatlösung getränkte Bäusche, und darüber solche mit Seewasser getränkt, gebunden. Letztere ragten mit einem zugespitzten Theil über die Zinkbäusche fort, und berührten die abzuleitenden Punkte des Fisches Von den Zinkplatten führten Drähte zur Bussole, an der 5000 Windungen sich in 30^{mm} Abstand von dem eben aperiodischen leichten Magnetspiegel befanden.[5] Wenn der Fisch nicht schlug, wurde der Spiegel nur um

[1] *Gesammelte Abhandlungen* u. s. w. Bd. II. S. 93—127.

[2] *Ebenda.* S. 690.

[3] *Ebenda.* S. 648.

[4] *Ebenda.* Bd. I. S. 7.

[5] Es war Spiegel I aus meiner ersten Abhandlung „Ueber aperiodische Bewegung gedämpfter Magnete." *Ebenda.* Bd. I. S. 308. 309.

wenige Scalentheile abgelenkt. Diese Ungleichartigkeiten wurden mittels des runden Compensators aufgehoben. Der Froschwecker war in Verbindung mit zwei wagerechten Zinkplatten aufgestellt, deren eine auf dem Boden des Glashafens ruhte, die andere eben in's Wasser tauchte (s. oben S. 96). Ich beobachtete an der Bussole, Hr. Prof. Fritsch, der im Behandeln der Zitterrochen sehr geübt ist, handhabte den Fisch, und Hr. Prof. Christiani beaufsichtigte die übrigen Vorrichtungen.

Wurde die eine Spitze auf den medialen, die andere auf den seitlichen Rand des einen Organes in der dessen Länge etwa hälftenden Querlinie gesetzt, und der Fisch zum Schlagen gereizt, so erfolgte, während meist zugleich der Froschwecker erklang, ein Ausschlag stets im Sinne (durch die Bussole) von dem medialen nach dem seitlichen Rande zu. Die Grösse des Ausschlages war sehr ungleich. Beispielsweise betrug sie an zwei verschiedenen Tagen

rechts 135, links 100;
„ 100, „ $500 + x^{sc}$,

d. h. im letzten Falle verschwand die Scale aus dem Gesichtsfelde. Diese Unterschiede mochten zum Theil von verschiedenem Widerstande des Kreises herrühren, bedingt durch verschieden starkes Andrücken der Spitzbäusche, zum grössten Theile beruhten sie wohl auf grösserer oder geringerer Anstrengung des Fisches, und bei der aus der Ordnung fallenden Ablenkung über die Grenzen der Scale folgten sich vielleicht mehrere Schläge so dicht, dass sie am Froschwecker verschmolzen.

Blieb nun die eine Spitze auf dem medialen Rande stehen, und wurde die andere der Medianlinie aufgesetzt, so erfolgten Ausschläge stets in der vorhergesehenen Richtung, nämlich von Rande des Organes zur Medianlinie, und zwar im Betrage von

	rechts	links
1.	30	
2.		15
3.	20	
4.		19^{sc},

also mit aller nur zu erwartenden Regelmässigkeit.

Jetzt wurde der Fisch auf den Rücken gelegt. Seine heftigen Anstrengungen, sich umzukehren, begleiteten, nach Aussage des Froschweckers, zahlreiche Schläge. Als hier die Spitzen einerseits der Medianlinie, andererseits den der medialen Grenze der Organe entsprechenden Kiemenöffnungen aufgesetzt waren, erfolgten beim Schlagen

rechts 160, links 70^{sc}

im richtigen Sinne, d. h. diesmal von der Medianlinie zum Rande des Organes.

Der Schlag zwischen Rücken und Bauch warf jedesmal die Scale weit aus dem Gesichtsfelde, und bei diesen ersten Versuchen, wo so viel Anderes und Wichtigeres sich zur Beobachtung drängte, wurde die Stärke der Colladon'schen Ströme mit der des Schlages zwischen den Polflächen noch nicht verglichen.

Dagegen unterliess ich nicht, um das Dasein der neuen Ströme vollends sicher zu stellen, den Schlag mehrmals auch von symmetrischen Punkten abzuleiten, erhielt aber ein abweichendes Ergebniss von dem, welches Hrn. Colladon's dritter Satz (s. oben S. 99) erwarten liess, nämlich im Anschluss an die letzten Versuche zwischen zwei nach aussen von den Nasenlöchern gelegenen Punkten der Bauchfläche einen Ausschlag von 160^{sc} von rechts nach links; an einem anderen Versuchstage zwischen den entsprechenden Punkten der Rückenfläche einen Ausschlag von 42^{sc} von links nach rechts, und zwischen zwei symmetrischen Punkten der Körperscheibe einige Centimeter hinter den Organen 29^{sc} in derselben Richtung. Als ich die linke Spitze stehen liess, und die andere auf den hinteren Umfang der linken Brustflosse setzte, erfolgten 230^{sc} in der richtigen Richtung, d. h. von dem den Organen näheren Punkte zu dem davon enfernteren.

Die Wirkungen zwischen symmetrischen Punkten beweisen zunächst nur, dass der Fisch nicht mit beiden Organen gleich stark schlug, und zwar gebrauchte er beidemal, in dem Versuch an der Bauchfläche und in dem an einem späteren Tag angestellten an der Rückenfläche, stärker das linke Organ. Dass Hr. Colladon solche Wirkungen nicht sah, kam vielleicht davon, dass seine äusserst kräftigen Fische ihre beiden Organe gleichmässiger innervirten. Vielleicht dass auch diese Wirkungen sich im Allgemeinen seinen Beobachtungmitteln entzogen; da dann die neuen von uns erkannten Ströme zwischen Medianlinie und medialem Rand der Organe ihm vollends entgehen mussten.

Die Wichtigkeit letzterer Ströme aber liegt in Folgendem. Gegen meine Lehre von der relativen Immunität der Zitterfische für ihren eigenen Schlag wandte Hr. de Sanctis ein, dass er, die Hand im Leib eines an der Luft befindlichen Zitterrochen, nichts von dessen Schlägen empfand. Er schloss daraus, dass kein in Betracht kommender Theil des Schlages durch den Leib des Fisches gehe, ohne zu bedenken, dass dies bei dem Thier an der Luft der Fall sein könne, für das eingetauchte aber nicht zu gelten brauche. An der Luft muss der Strom, um durch den Leib zu gehen, seinen Weg längs der dünnen, vielleicht halbtrockenen Haut nehmen, und es ist nicht zu verwundern, wenn die Hand im Leibe des Fisches nicht viel davon verspürt.[1] Inzwischen ist es doch unter diesen Umständen

[1] Vgl. *Untersuchungen* u. s. w. S. 128.

Boll am Zitterrochen nach meinem Vorgang am Zitterwelse gelungen, mittels zweier bis auf die Spitzen isolirten Drähte den Schlag im Inneren des Fischleibes nachzuweisen.[1]

Dadurch wird der Beweis nicht entwerthet, der sich hier dafür ergiebt, dass der Zitterrochen-Schlag wirklich den Leib des Fisches durchdringt, ja gerade in Hirn und Rückenmark und den grossen Nervenstämmen die grösste Dichte erlangt. Die Ströme, welche am Rücken von den medialen

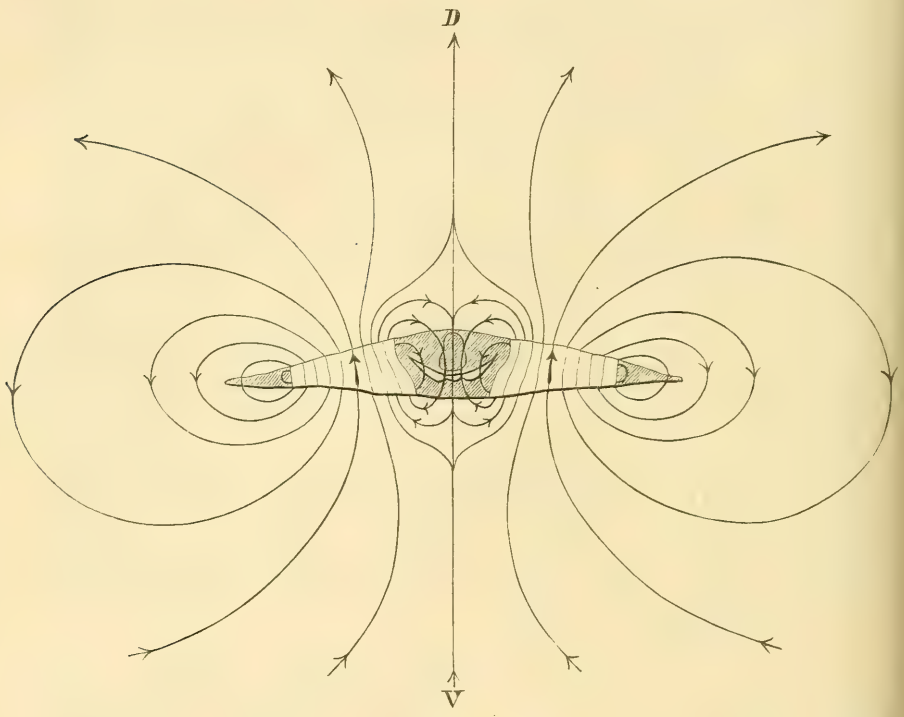


Fig. 5.

Rändern der Organe nach der Medianlinie, am Bauche von dieser zu jenen Rändern fliessen, nehmen nothwendig den Weg durch Hirn und Rückenmark, und da dies die kürzeste Bahn zwischen den wirksamsten Theilen beider Organe ist, so giebt es am Zitterochen keine stärkeren Ströme. Vielmehr bestätigt sich hier wie am Zitterwelse meine Behauptung, dass der Leib des Zitterfisches für die Aufnahme des Schlages den eigenen

[1] Vgl. *Untersuchungen* u. s. w. S. 260. 261.

Organen sich günstiger angelegt findet, als der eines anderen, irgendwie genäherten Thieres.[1]

Ein Blick auf Fig 5 macht dies deutlicher, welche nunmehr zeigt, wie wir, an der Hand der gewonnenen Ergebnisse, Cavendish's Diagramm abzuändern haben. Der dargestellte Querschnitt ist, bis auf die nur schematisch angedeuteten Säulen, strenge nach der Natur gezeichnet. Man sieht zunächst, dass die Stromcurven nicht bloss aus den sogenannten Polflächen ausstrahlen, sondern auch die Seitenflächen der Organe schneiden.[2] Sie verlaufen dann sowohl nach innen wie nach aussen durch den Körper des Fisches, und füllen weiterhin den Raum aus. Aus den Polflächen aber brechen die Curven nicht, wie Cavendish sie zeichnete, in der Verlängerung der Axe der Säulen hervor. Sondern die so gerichteten Curven setzen sich nach dem Princip der Superposition der Ströme zusammen mit den Curven, welche von den dickeren zu den dünneren Theilen des Organes, und schon durch diese zur Bauchfläche streben. Daher die in der Figur sichtbare, lateralwärts geneigte Richtung der resultirenden Curven. Es kehrt hier ein Verhältniss wieder, mit dem ich schon einmal, in der „Experimentalkritik der Entladungshypothese", zu rechnen hatte. Eine als elektrische Platte aufgefasste Nervenendplatte, welche also um so stärker elektromotorisch wirkt, je dicker sie ist, und welche von der Mitte nach dem Rande zu dünner wird, gleicht dem lateralwärts sich verjüngenden Zitterrochen-Organ; und auch dort müssten, wenn es wirklich Nervenendplatten in diesem Sinne gäbe, die Stromcurven schräg aus der einen Fläche aus- und in die andere einstrahlen.[3] Denkt man sich aber einen sagittalen Schnitt durch das eine Zitterrochen-Organ gelegt, so werden, da nach vorn und hinten zu keine mit der transversalen vergleichbare Abnahme der Säulenhöhe stattfindet, die Stromcurven in sagittaler Ebene zunächst in der Richtung der Säulen verlaufen. Das ganze System der Curven könnte nur durch ein Modell versinnlicht werden.

In demselben Sinne, wie die grössere Höhe der medialen Säulen, muss auf die Richtung der Stromcurven am Rücken die in der Figur bemerkbare Neigung der medialen Säulen nach aussen wirken, deren Axe parallel die Elektricität getrieben wird, während am Bauche, wie es in der Figur angedeutet ist, die Neigung der Curven durch denselben Umstand verringert wird. An dem von Hrn. Fritsch in dem oben S. 89 erwähnten Aufsatze genau abgebildeten Querschnitt eines ganz jungen Zitterrochen ist

[1] *Monatsberichte der Akademie.* 1858. S. 107; — *Gesammelte Abhandlungen* u. s. w. Bd. II. S. 638.

[2] *Gesammelte Abhandlungen* u. s. w. Bd. II. S. 629. 682; — *Untersuchungen* u. s. w. S. 148.

[3] *Gesammelte Abhandlungen* u. s. w. Bd. II. S. 708. Fig. 47.

die Schrägstellung der Säulen viel auffallender. Die Gegend über der Mitte des Fisches wird dadurch scheinbar von dichteren Stromcurven entblösst, und fortificatorisch gesprochen vergleichsweise zu einem todten Winkel. Der teleologische Sinn dieser Einrichtung bleibt dunkel, da bei der Lieblingsstellung des Fisches, wenn er in den Boden eingewühlt ruht, seine Bauchfläche keines, seine Rückenfläche gerade des grössten Schutzes bedürftig erscheint.

§ 8. Ueber die Jodkalium-Elektrolyse durch den Zitterrochen-Schlag.

Als ich, nach Faraday's Vorgang am Zitteraale, mich der Jodkalium-Elektrolyse bediente, um auch damit die Richtung des Schlages am Zitterwelse zu bestimmen, stiess ich, wie schon mehrmals erzählt, auf die Erscheinung des secundären Jodfleckes, d. h. ich sah nicht allein unter der positiven, sondern auch unter der negativen Platinspitze einen Fleck entstehen. Ich begriff sofort, dass ich hier denselben Vorgang vor mir hatte, der mir früh entgegengetreten war, als ich das gleiche Mittel anwandte, um in verwickelten Inductionskreisen die Richtung des Stromes zu erkennen.[1] Bei der Zersetzung des Jodkaliums polarisiren sich die Platinspitzen, und wenn, wie bei Inductions-, bei Zitterfisch-Versuchen, der Kreis nicht augenblicklich wieder geöffnet wird, folgt dem primären Strom auf dem Fuss ein secundärer oder Polarisations-Strom in der umgekehrten Richtung und erzeugt einen Fleck an der erst negativen, nun positiven Spitze. Durch die Wahrnehmung an den Zitterwelsen veranlasst, machte ich die Entstehung des secundären Jodfleckes überhaupt zum Gegenstand einer ausführlichen Untersuchung, von deren Ergebnissen ich hier nur zwei in Erinnerung bringen will. Uebersteigt erstens die im primären Strom während der Zeiteinheit sich abgleichende Elektricitätsmenge eine gewisse Grenze, so erscheint kein secundärer Fleck mehr. Dagegen giebt es zweitens Umstände, unter welchen der secundäre Fleck den primären übertrifft, so dass die Jodkalium-Elektrolyse zu einem völlig trügerischen Kennzeichen der ursprünglichen Stromrichtung wird. Dies ist der Fall, wenn man ausser den in die Jodkaliumlösung tauchenden Platinspitzen noch ein Platin-Elektrodenpaar, etwa in verdünnter Schwefelsäure, im Kreise hat.[2]

Die Möglichkeit verdiente Erwägung, ob nicht der doppelte Jodfleck auf Hin- und Hergehen des Fisch-Schlages beruhe, was wichtig gewesen wäre. Mittels des Froschunterbrechers überzeugte ich mich, dass nichts der Art

[1] *Untersuchungen über thierische Elektricität.* Bd. II. Abth. I. 1849. S. 400.
[2] *Gesammelte Abhandlungen* u. s. w. Bd. II. S. 648. 666.

stattfinde. Der secundäre Fleck blieb aus, wenn der Kreis unmittelbar nach dem Schlage oder gegen dessen Ende geöffnet wurde. Uebrigens gelang es auch am Zitterwels selber einigemal, den secundären Fleck dadurch zum stärkeren zu machen, dass die Ableitung vom Fisch mit Platinelektroden geschah. Somit war die Abhängigkeit des secundären Fleckes von der Polarisation auch hier erwiesen, und in Bezug auf ihn blieb am Zitterwelse kein Dunkel zurück.

Unbegreiflich blieb nur, dass von den Beobachtern, welche am Zitterrochen und Zitteraal unzähligemal vor mir Jodkalium-Elektrolyse vornahmen, keiner den secundären Fleck erwähnte; auch Faraday nicht, der gerade dieses Mittels sich bedient hatte, um die Vertheilung der Spannungen an seinem Fisch zu studiren. Vielleicht dass am Zitteraale der Schlag schon zu stark ist, um die Bildung des secundären Fleckes zu gestatten. Auf alle Fälle misslang auch Sachs, dem ich die Aufklärung dieses Punktes an's Herz gelegt hatte, die Darstellung des secundären Fleckes am Zitteraale.[1]

Höchst begierig war ich nun zu sehen, was unter meinen Händen der Erfolg am Zitterrochen sein würde. Da zum Versuche nichts gehört als der Jodkalium-Elektrolysator und der Froschwecker, konnte ich ihn durch Hrn. Dr. Hermes' Güte schon im Sommer 1881 im Berliner Aquarium anstellen (s. oben S. 182). Ich habe ihn seitdem oft wiederholt und ausnahmslos den secundären Fleck, tief schwarz und im Augenblick des Entstehens scharf begrenzt, vor meinen Augen werden sehen, habe auch dasselbe mehreren Beobachtern gezeigt. Die dem Fisch angelegten Elektroden waren zuerst nur ein paar Zinkplatten, später die oben beschriebenen Bauch- und Rückenschilde. Es versteht sich, dass auf ihre Gleichartigkeit geachtet wurde; die Flecke entstanden immer nur, wenn zugleich der Froschwecker anschlug. Im Allgemeinen schienen mir beide Flecke nicht so stark wie am Zitterwelse. Ich versuchte auch, durch Anwendung von Platinelektroden den secundären Fleck zum grösseren zu machen. Dies gelang nicht, doch wurde er so noch deutlicher zum Vorschein gebracht. Dagegen gelang es leicht, der Bildung des secundären Fleckes mittels des Froschunterbrechers vorzubeugen. 30 grm Ueberlastung verzögerten die Oeffnung des Kreises genügend, um noch die Bildung des primären Fleckes in nicht merklich verminderter Grösse, ohne secundären Fleck, zu gestatten; schloss man eine Nebenleitung zum Froschunterbrecher, so war beim nächsten Schlage der secundäre Fleck wieder da.

Was die Sache selber betrifft, ist somit auch am Zitterrochen Alles in Ordnung, und dunkel bleibt schliesslich immer wieder nur, wie der secun-

[1] *Untersuchungen* u. s. w. S. 163 ff.

däre Fleck den früheren Beobachtern entgehen konnte, namentlich Matteucci, der ausser den Platinspitzen Platinelektroden zur Ableitung anwandte, wodurch der secundäre Fleck, wenn auch nicht stets zum stärkeren, doch sicher verstärkt wird. Ich kann mir nicht denken, dass die Zitterrochen-Schläge, durch welche John Davy und Matteucci Jodkalium zersetzten, die kräftigen Schläge meiner Zitterwelse an Stärke dermaassen übertrafen, dass wegen zu grosser darin sich abgleichender Elektricitätsmenge der secundäre Fleck ausblieb (s. oben S. 106). Ebenso unwahrscheinlich ist bei der Empfindlichkeit des Jodkaliums die einzige andere hier noch offene Möglichkeit, deren ich am Schlusse der Abhandlung: „Ueber Jodkalium-Elektrolyse u. s. w." schon gedachte, dass in jenen Versuchen, die an dem aus dem Wasser genommenen Zitterrochen angestellt wurden, der Widerstand des Kreises zu gross gewesen sei, in welchem die Polarisation sich abglich. Der Fisch blieb mit gut leitendem Seewasser benetzt; er ist in der Richtung des Stromes kurz und von grossem Querschnitt; seine Gewebe leiten vermuthlich besser als die des Zitterwelses:[1] so dass der Widerstand schwerlich grösser war, als in meinen Versuchen am Zitter-

[1] Nach Hrn. Léon Fredericq enthält das Blut von Octopus vulgaris und Astacus marinus etwa vier Mal mehr Salze als das von Säugern, und nach Boll hat für die Gewebe des Zitterrochen erst eine 2·5 procentige Chlornatriumlösung die „physiologische" Concentration (*Untersuchungen* u. s. w. S. 133). Danach leiten die Gewebe von Seethieren wahrscheinlich auch besser. Ich fand noch nicht Zeit, dies am Zitterrochen festzustellen. Jeder andere Seefisch aus dem Aquarium wird dazu ebenso taugen. Mit Rücksicht auf Boll's Angabe hätte der Thon für die Zitterrochenversuche eigentlich mit 2·5 procentiger Lösung, statt wie gewöhnlich mit 0·75 procentiger, angeknetet werden müssen. Doch beobachtete ich nichts, was als üble Folge dieser Versäumniss sich hätte deuten lassen. Den 118 Analysen von Fischfleisch, welche unlängst Hr. Atwater aus Middletown (Conn. U. S. A.) in den *Berichten der Deutschen chemischen Gesellschaft* veröffentlichte (Sechszehnter Jahrgang. Nr. 12. 23. Juli 1883. S. 1839 ff.), ist eine Ueberlegenheit der Seefische über die Süsswasserfische hinsichtlich der Asche ihrer Muskeln nicht sicher zu entnehmen, dagegen scheint die Zusammenstellung von Hrn. J. König (*Die menschlichen Nahrungs- und Genussmittel* u. s. w. Berlin 1883. 2. Aufl. S. 179. 180) dafür zu sprechen. Nach Hrn. Weyl liefert das Zitterrochen-Organ 1·55 Procent Asche, etwas mehr als das Muskelfleisch von Flussfischen nach diesen Bestimmungen (*Monatsberichte der Akademie.* 1881. S. 382). [Hr. Fredericq hatte die Güte mich darauf aufmerksam zu machen, dass nach seinen eigenen neueren Untersuchungen das von ihm bei den Wirbellosen beobachtete Verhalten für die Fische nicht gilt. Das Blut der Seefische schmeckt nicht verschieden von dem der Süsswasserfische, und Haifischblut enthält nur 1·31 Procent an Salzen. Hr. Fredericq sieht in dieser Unabhängigkeit des Salzgehaltes der Fische von dem des Mittels einen Fortschritt ihrer Organisation über die der von ihm untersuchten Wirbellosen, Astacus, Carcinus, Octopus (*Bulletins de l'Académie royale de Belgique.* 3 me Série. t. IV. No. 8, Août 1882.) Dem im Text hinsichtlich der Leitungsgüte der Gewebe des Zitterrochen gezogenen Schluss ist damit bis auf Weiteres der Boden entzogen.]

welse. Unter diesen Umständen kann ich den Verdacht nicht unterdrücken, dass der secundäre Fleck wohl gesehen, aber als unverständliche Störung beiseite gelassen wurde. Eine Andeutung derart findet sich bei Matteucci.[1]

Um Andere in Stand zu setzen, meine Versuche in möglichst gleicher Art zu wiederholen, bilde ich schliesslich in Fig. 6 meinen seit langer Zeit bewährten Jodkalium-Elektrolysator ab, als eine meines Erachtens im elektrischen Laboratorium unentbehrliche Vorrichtung, die so leicht zu beschaffen, doch so selten angetroffen wird. Die Beschreibung steht am Eingange der Abhandlung „Ueber Jodkalium-Elektrolyse u. s. w.“ Hier sei

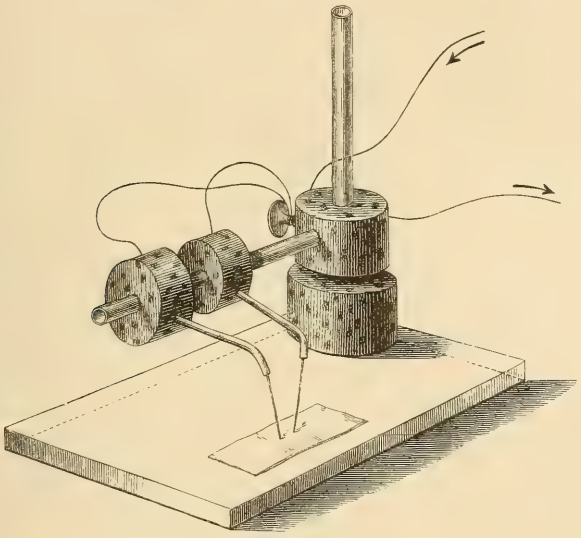


Fig. 6.

nur noch bemerkt, dass die Spiegelglasplatte 150 mm lang und 75 mm breit ist; das als senkrechter Ständer dienende Glasrohr ist 150 mm, das als wagerechte Axe die Korke tragende, von der Axe des senkrechten Rohres aus gemessen, 125 mm lang. Wie ich a. a. O. angab, beobachtet man den secundären Fleck am besten, indem man ihn durch die unter einem passenden Winkel gegen den Horizont eingespannte Glasplatte hindurch von hinten entstehen sieht. Damit das Jodkaliumpapier die Flecke durchscheinen lasse, nimmt man feinstes Fliesspapier in einfacher Lage.

§ 9. Vom Organstrom am Zitterrochen.

Unter Organstrom verstehe ich, im Gegensatz zum Schlage, einen durch die Organe in der Regel im Sinne des Schlages dauernd erzeugten

[1] *Gesammelte Abhandlungen* u. s. w. Bd. II. S. 650.

Strom, unter Organstromkraft die solchem Strome zu Grunde liegende elektromotorische Kraft. Diese an den Muskeltonus erinnernde Art von Thätigkeit des Organes wurde zuerst von Zantedeschi am Zitterrochen bemerkt, wo sie später Matteucci bestätigte, Hr. Eckhard leugnete. Am Zitterwelse vermisste ich sie. Dagegen behauptet sie Hr. Ch. Robin sogar an dem unvollkommenen elektrischen Organ des gemeinen Rochen, und am Zitteraale bot sie sich Sachs ganz regelmässig dar.[1]

Ich liess mir angelegen sein, die Frage nach dem Dasein eines Organstromes am Zitterrochen wo möglich zu entscheiden. Zu meinen ersten Versuchen der Art diente ein 36 cm langer Zitterrochen, der von Ende Mai ab etwa fünf Wochen im Berliner Aquarium gelebt hatte. Damit er vor dem Versuche möglichst wenig durch Schlagen sich ermüde, wurde er folgendermaassen getödtet. Hr. Prof. Fritsch setzte dem ruhig im Zuber liegenden Fisch ein aus einem Stahlrohre von 13 mm Durchmesser dazu verfertigtes scharfes Locheisen auf die Stelle der knorpeligen Schädelkapsel, wo er sicher war, die elektrischen Lappen des Gehirnes zu treffen, und stanzte diese Lappen mit einem einzigen Hammerschlage aus, der das Locheisen durch die Dicke des Fisches in den Boden des Zubers trieb. Zum Beweise der gelungenen Operation steckten die Lappen im Locheisen. Der Fisch zuckte noch ziemlich viel, schlug aber nicht mehr. Er wurde aus dem Wasser genommen und mittels eines durch den Rand der Brustflosse gestossenen anatomischen Hakens mit seiner Körperscheibe in senkrechter Ebene aufgehängt. So konnte man der Bauch- und der Rückenfläche mit den oben S. 101 beschriebenen, wagerecht gestellten Bäuschen bequem beikommen. Stets wurden sie so angelegt, dass der eine in der Verlängerung des anderen lag. Die Bussole hatte dieselbe Empfindlichkeit wie in den Versuchen über die Colladon'schen Ströme.

Mit grosser Regelmässigkeit gab sich ein Strom im Sinne des Schlages zu erkennen. Er war am stärksten, wenn die höchsten Säulen, am medialen Rande des Organes, zwischen den Bäuschen sich befanden, und ward schwächer in dem Maasse, wie die Bäusche dem dünneren seitlichen Rande des Organes sich näherten. Betrug er beispielsweise im ersten Falle 18 sc, so sank er in der Mitte des Organes auf 9, am Rande auf 3 sc

[1] *Gesammelte Abhandlungen* u. s. w. Bd. II. S. 672. 718. 722. 723 Anm.; — *Untersuchungen* u. s. w. S. 169. — Wie ich kürzlich fand, schreibt schon Galvani in seinem fünften Brief an Spallanzani dem Zitterrochen eine dauernde elektrische Wirkung zu, welche sich ihm durch Zuckungen von Froschpraeparaten verrieth, die er (in einem Falle an einem Seidenfaden aufgehängt) den Fisch mit den Füssen berühren liess (*Memorie sulla Elettricità animale* . . . al celebre Abate Lazzaro Spallanzani ec. Bologna 1797. 4. p. 75). Doch sind Galvani's Angaben theils anderer Auslegung fähig, theils nicht recht verständlich.

Auch zwischen den Organen in der Medianebene und am Rand der Körperscheibe, wo kein Organ mehr liegt, war er in derselben Richtung spurweise vorhanden, was in der Ordnung ist, da der dauernde Strom so gut wie der augenblickliche Schlag durch Haut und Leib des Fisches sich abgleicht, und auf diesem Wege Stromzweige in jede sich darbietende Nebenleitung sendet. Mit anderen Worten, die elektromotorische Oberfläche des nicht schlagenden Fisches unterscheidet sich von der des schlagenden, abgesehen von den kleineren Potentialunterschieden, wahrscheinlich nur durch die den Schlag begleitende Induction. Mit der durch das Auslochen der elektrischen Lappen verursachten Wunde hatten die wahrgenommenen Wirkungen nichts zu schaffen.

Es gab noch eine andere Art, den Organstrom zu erforschen. Im Hinblick auf künftige Versuche am Zitterrochen, hatte ich mich seit langer Zeit gesorgt, wie man wohl ein regelmässig begrenztes Bündel von Säulen erhalten könne, um daran zu experimentiren wie am Muskel oder am Zitterwelsorgan. Letzteres ist durch die äussere Haut und die innere Sehnenhaut von Natur so begrenzt, dass man daraus bequem mit der Scheere regelmässige Streife von gegebener Länge und Breite schneiden kann. Dagegen Prismen aus dem Organ von todten Zitterrochen, die ich früher einmal aus Triest kommen liess, zu sanduhrähnlicher Gestalt zerflossen.[1] Schon hatte ich mir allerlei Kunstgriffe ausgedacht, um dieser Schwierigkeit zu begegnen, nach Art von Trepankronen kreisende scharfe Locheisen, mit welchen ich ein cylindrisches Stück Organ ausschneiden, Rinnen aus Glas oder Kammmasse mit verschiebbaren Seitenwänden, in denen ich die Stücke einengen wollte. Als ich endlich im vorigen Sommer mich der Wirklichkeit gegenüber befand, zeigte es sich, dass dies Alles überflüssig war. Mit einem langen, breiten und geraden Messer, einem Schinkenmesser oder englischen Brodmesser, dessen Gebrauch am Zitterrochen ich Hrn. Prof. Fritsch absah, schneidet man vom Organ eine 5—6 mm dicke Scheibe, deren Dicke nur wenige Säulen umfasst, und legt sie mit der einen Schnittfläche auf starkes Kartenpapier, dem sie sich fest ansaugt. Von solcher Scheibe kann man dann mit der Scheere, am besten einer nicht sehr scharfen Scheere mit langen Blättern, wie eine Papierscheere, vierseitig prismatische Stücke Organ abschneiden, die, an Rücken und Bauch durch ein quadratisches Stück Haut von 5—6 mm Seite begrenzt, aus einer mässigen Anzahl von Säulen bestehen. Man lagert ein solches Stück auf die bekannte dreieckige Glasplatte des allgemeinen Trägers,[2] und indem man den häutigen Grundflächen die Thonschilde der Zuleitungs-

[1] *Gesammelte Abhandlungen* u. s. w. Bd. II. S. 721.

[2] *Untersuchungen über thierische Elektricität.* Bd. I. 1848. S. 495. 496.

bäusche anlegt, welchen sie gut anhaften, und die Gefässe sanft auseinanderzieht, streckt man die Säulen zu ihrer vollen Länge gerade aus. In diesem Zustande stellt sich ein gelungenes Praeparat als ein sehr reinliches und zierliches Versuchsobject dar, dessen Länge sich natürlich ausser nach der Grösse des Fisches nach der Stelle des Organes richtet, der es entnommen wurde. Die längsten Säulen, über die ich verfügte, maassen etwa 29 mm, waren also kürzer als das Muskelpaar am Oberschenkel des Frosches. Die Säulenbündel erscheinen eher etwas dicker.

Ich stellte mir zuerst vor, dass die das Praeparat begrenzenden Schnitte nicht zwischen, sondern durch die Säulen, bestenfalls ihrer Axe parallel, träfen, sodass die Seitenflächen dicht besetzt seien mit Fetzen elektrischer Platten, die theils nach oben, theils nach unten der Fläche und einander anklebten oder sich einrollten. Allein die aufmerksamste Betrachtung unter der Lupe in Flüssigkeit liess nichts von diesen Fetzen erkennen. Vielmehr scheinen die Säulen sich vor den Blättern der Scheere mit unversehrter fibröser Hülle von einander zu trennen. Es kommt freilich oft vor, dass von einer Säule nur der obere, untere oder mittlere Theil dem Bündel anhängt, meist aber kann man solche Verunreinigungen leicht entfernen. Uebrigens würden die vermutheten Fetzen von Platten wegen ihrer Verlagerung und Verletzung wohl nicht mehr merklich oder wenigstens nicht lange mehr elektromotorisch wirken, und nur als Nebenschliessung könnten sie in Betracht kommen.

Solcher Säulenbündel werden wir uns zu den Versuchen über Polarisation des Organes bedienen, welche, wie ich kaum zu sagen brauche, eine unserer vornehmsten Aufgaben sind. Diese Versuche nehmen hier folgende Gestalt an. Da die Säulenbündel nicht zucken, braucht man sie nicht wie Muskeln zu immobilisiren. Es genügt, die Zuleitungsgefässe, zwischen deren Thonschilden das Säulenbündel auf der dreieckigen Glasplatte ruht, zu Enden des polarisirenden Stromkreises zu machen, um den Säulen den Strom durch die Bauch- und Rückenfläche in sehr zweckgemässer Art zuzuführen. Zur Aufnahme des Polarisationsstromes dient ein Paar unpolarisirbarer Zuleitungsröhren, deren Thonspitzen dem Praeparate zwischen den den polarisirenden Strom zuführenden Thonschilden anliegen.

Dabei zeigte sich im Bussolkreise ganz regelmässig der Organstrom, wie denn schon Matteucci angiebt, ihn an cubischen Stücken Organ von nur 2 mm Seite wahrgenommen zu haben.[1] Diese Art ihn zu beobachten, hat den Vortheil, dass der Verdacht auf einen elektromotorischen Unterschied der pigmentirten Rücken- und der pigmentlosen Bauchhaut von

[1] *Archives des Sciences physiques et naturelles.* Nouvelle Période. t. XV. 1862. p. 41. 42.

selbst fortfällt. An Praeparaten von noch einigermaassen frischen Organen hatte der Organstrom stets die Richtung des Schlages. Leicht war zu zeigen, dass eine säulenartige Anordnung elektromotorischer Kräfte ihn erzeugte, denn er erschien in demselben Sinne, gleichviel wo die Thonspitzen aufgesetzt wurden, und seine Stärke wuchs mit deren Abstand. Beispielsweise betrug sie zwischen der Mitte und dem der Rückenfläche nächsten Punkte der Seitenflächen, welchem noch sicher beizukommen war, + 13·5 sc (wo das Pluszeichen bedeutet, dass die Wirkung im Sinne des Schlages stattfand); zwischen der Mitte und dem der Bauchfläche nächsten Punkte + 10 sc; zwischen den beiden äussersten Punkten aber + 23 sc: wegen des bedeutenden Widerstandes der Zuleitungsröhren nur etwas weniger als die Summe der Wirkungen beider Hälften. In einem anderen Falle waren die entsprechenden Zahlen + 5,+ 4, + 11 sc. Schnitt die Verbindungslinie der Thonspitzen die Axe der Säulen senkrecht, so erfolgte keine in Betracht kommende und regelmässige Wirkung.

Ich habe bei diesen Versuchen die Organstromkraft sehr oft gemessen und sie zwischen 0·005 und 0·013 Raoult gefunden, also meist erheblich kleiner, als die Nervenstromkraft bei Fröschen. Die Stromkraft an etwa 4 cm langen Stücken Zitteraal-Organ bestimmte Sachs zu 0·015 bis 0·030, also im Mittel zu 0·0225 Daniell. Die Länge meiner Säulenbündel, je nachdem sie vom medialen oder mehr vom seitlichen Rande des Organes grösserer oder kleinerer Fische stammten, schwankte zwischen 29 und 12 mm, ihre mittlere Länge betrug also 2 cm, und ihre mittlere Kraft war (0·005 + 0·013) / 2 = 0·009 Raoult oder ungefähr 0·0085 Daniell.[1] Bei doppelter Länge wäre die Kraft 0·0170 und somit nur wenig kleiner gewesen, als die mittlere Kraft ebenso langer Stücke Zitteraal-Organ.

Doch lässt sich dies Zusammentreffen noch weiter verfolgen. Rechnet man im Zitteraal-Organ auf das Millimeter im Mittel zehn Platten, so findet man für die einzelne Zitteraal-Platte die mittlere Organstromkraft zu (0·0000375 + 0·0000750) / 2 = 0·00005625. Wegen einer an Sachs' Zahlen allem Ermessen nach anzubringenden Correction erhöht sich dieser Werth auf 0·00006. Schreibt man dem Zitterrochen-Organ im Mittel 30 Platten auf das Millimeter zu, so giebt dies für die mittelhohen Säulen von (29 + 12) / 2 = 20·5 mm Höhe 615 Platten, von denen aber wohl nur 500 zwischen den ableitenden Thonspitzen lagen. Dividirt man mit 500 in die mittlere von uns beobachtete Organstromkraft von 0·0085 Da-

[1] Vgl. E. Kittler, Die elektromotorische Kraft des Daniell'schen Elementes. *Sitzungsberichte der mathematisch-physikalischen Classe der k. b. Akademie der Wissenschaften zu München.* Bd. XII. 1882. S. 501. 502; — auch in Wiedemann's *Annalen der Physik und Chemie.* N. F. 1882. Bd. XVII. S. 893.

niell, so findet man für die einzelne Zitterrochen-Platte einen mittleren Werth von 0·0000117 Daniell. Dieser Werth ist 3·3 mal kleiner als der für die einzelne Zitteraal-Platte gefundene. Bei gleicher specifischer Kraft der Fische sollte er, wegen der etwa 8·5 mal grösseren Dicke der Zitteraal-Platten, etwa 8·5 mal kleiner sein.[1]

Eine genauere Uebereinstimmung zweier unter solchen Umständen gewonnenen Zahlen ist nicht zu verlangen. Schon dass die Zahlen gleicher Ordnung sind, erscheint als überraschender Erfolg. Möglicherweise beruht dieser Erfolg ganz auf Zufall. Doch wird man es für eine seltene Fügung gelten lassen, dass ich aus denselben Voraussetzungen, auf welche obige Rechnung sich gründet, auch zu jener merkwürdigen Folgerung gelangte, wonach die elektromotorische Kraft des ganzen Zitteraales zu der des ganzen Zitterrochen sich, wie der Zweck es erheischt, ungefähr so verhält, wie, nach Hrn. Christiani's Bestimmung, der Widerstand von Süss- zu dem von Seewasser.[2]

Bis auf Weiteres dürfen wir schliessen, dass die elektromotorischen Elemente beider Fische von ungefähr gleicher Kraft sind, und dass der Potentialunterschied der elektrischen Platten mit ihrer Dicke wächst. Was Matteucci's Angabe betrifft, welcher die Organstromkraft des ganzen Zitterrochen zwischen der von einem und der von zwei Froschgastroknemien fand, so ist zu bedenken, dass die Stromkraft des unversehrten Gastroknemius durch Parelektronomie gleich Null, ja negativ wird, daher sie nicht als Maasseinheit dienen kann.

In dem Maasse, wie das Organ abstirbt, sinkt die Organstromkraft, doch ist die Lebenszähigkeit des Organes bekanntlich gross.[3] Nach vierundzwanzig, ja achtundvierzig Stunden kann man am kalt aufbewahrten Fisch noch Organstromkraft in Höhe von 0·003 bis 0·002 Raoult antreffen. Die Erhaltung des Organstroms ist ein Merkmal der noch erhaltenen Leistungsfähigkeit. Später sind die Praeparate nicht nur unwirksam, sondern nicht selten schwach verkehrt wirksam, wie dies vom Organstrom des ganzen Fisches schon Zantedeschi angab.[4] Am Zitteraale sah Sachs dasselbe, jedoch unter verdächtigen Umständen.[5] Die verkehrten Wirkungen könnte man darauf deuten wollen, dass nach erloschenem Organstrome kleine Ungleichartigkeiten anderer Natur je nach ihrer Richtung bald noch einen Rest normalen Organstromes, bald verkehrten Organstrom vortäuschen.

---

[1] *Untersuchungen* u. s. w. S. 174. 175. 278—280. 286.

[2] *Ebenda.* S. 414. 415.

[3] *Sitzungsberichte* u. s. w. 1882. Bd. I. S. 500; — *dies Archiv*, 1882, S. 410; — vgl. *Untersuchungen* u. s. w. S. 188.

[4] *Comptes rendus* etc. 1842. t. XIV. p. 489.

[5] *Untersuchungen* u. s. w. S. 258.

Dazu scheint aber diese Stromumkehr zu regelmässig aufzutreten, und sie erinnert zu deutlich an die, welche beim Absterben zarterer Muskeln gleichfalls mit grosser Regelmässigkeit sich einstellt.[1]

Wie aber am absterbenden Zitterrochen-Organ die Organstromkraft sinkt und unregelmässig wird, so scheint dasselbe auch am ganzen lebenden Thiere der Fall zu sein, wenn es sich in schlechtem Ernährungszustande befindet. Als ich im Winter dieselben Prüfungen an einem gleichfalls durch Ausstanzen der elektrischen Lappen getödteten, 29 cm langen Zitterrochen vornahm, der etwa sieben Wochen im Aquarium gelebt hatte, fand ich dieselben Wirkungen nicht wieder, sondern ihrer Richtung und Grösse nach unbestimmte Ausschläge, welche auf geringen Hautungleichartigkeiten oder sonst irgend welchen Störungen beruhen mochten. Auch die Säulenbündel aus diesem Fisch zeigten sich theils unwirksam, theils verkehrt wirksam; doch kam auch eins vor, welches ganz kräftigen Organstrom gab. An einem anderen, 26 cm langen Zitterrochen, der noch länger gefangen gewesen war, stellte ich die Prüfung auf Organstrom am ganzen Fisch gar nicht erst an, fand aber dann seine Säulenbündel sehr regelmässig und zum Theil mit grosser Kraft wirksam.

Aus der Schwächung der Organstromkraft an schlecht genährten Thieren würde sich erklären, dass ich an Streifen des Malopterurus-Organs auch mit dem Nervenmultiplicator keine fand. Was Hrn. Eckhard's seiner eigenen Meinung nach verneinendes Ergebniss betrifft, so ist es bei etwas genauerer Betrachtung mit den unsrigen nicht so unvereinbar. Denn von den Versuchen am ganzen Fisch, dem nur Gehirn und Rückenmark zerstört waren, um freiwillige Entladungen und Bewegungen zu verhüten, sagt Hr. Eckhard: „Die Nadel blieb nun allerdings selten in absoluter Ruhe, ihre Ausschläge waren aber stets sehr klein, oft allerdings so gerichtet, dass sie einem Strome entsprachen, wie er bei Reizung der Nerven in dem Organe entstehen würde. Eine dauernde Ablenkung dagegen kam nicht vor.“ Von Versuchen an Stücken Organ, welche von Bauch- und Rückenfläche abgeleitet wurden, heisst es: „Die Ausschläge hatten auch hier oft die oben bezeichnete Richtung, waren aber gar nicht zu vergleichen mit denen, welche viel kleinere Muskelmassen desselben Thieres lieferten.“ Die Organe und Organstücke schlugen noch bei Reizung der elektrischen Nerven.[2] Die Sache läuft also wohl darauf hinaus, dass Hr. Eckhard stärkere Ströme erwartete, als die in Wirklichkeit vorhandenen, welche an der Empfindlichkeitsgrenze seiner stromprüfenden Vorrichtungen lagen. Die Abwesenheit dauernder Ablenkungen erklärt sich daraus, dass Hr. Eckhard die Ableitung noch mit Platin vornahm.

[1] *Untersuchungen über thierische Elektricität* u. s. w. Bd. II. Abth. I. S. 154. 283. 553.

[2] *Beiträge zur Anatomie und Physiologie.* Bd. I. 4. S. 159—162.

An den vom medialen Theile des Organes stammenden Säulenbündeln trifft es sich mitunter, dass Nervenzweige aus der Mitte ihrer Länge heraushängen, wie aus dem Hilus eines Muskels. Schneidet man am aufliegenden Praeparat ein Stück vom Nerven ab, so erfolgt eine Entladung, die günstigenfalls die Scale aus dem Gesichtsfelde schleudert. Aehnliches beschrieb schon Matteucci, der sogar von stecknadelkopfgrossen Stückchen Organ, denen der Nerv des stromprüfenden Schenkels anlag, bei mechanischer Reizung noch Zuckung erhielt.[1] Vergeblich aber versuchte ich das Säulenbündel durch Ammoniak zu reizen, was an Stücken Zitteraal-Organ Sachs so gut gelang.[2] Der Grund ist indess klar: auf die dort wirksame Art könnte man am Zitterrochen-Organ immer nur eine einzige der Länge nach angeschnittene Säule erregen.

Der Organstrom ist an aufliegenden Praeparaten oft in langsamem Sinken begriffen. Matteucci sah ihn sich beim Zitterrochen, Hr. Robin beim gemeinen Rochen nach jedem Schlag etwas heben, und auch in Sachs' Beobachtungen am Zitteraale zeigte sich Aehnliches.[3] In den wenigen Versuchen, in welchen die Erregung von Säulenbündeln durch mechanische Reizung der Nerven mir gelang, ging die schnell sinkende Ablenkung durch den Schlag in der That so stetig in die durch den gewöhnlichen Organstrom über, dass sie als vorübergehende Steigerung des letzteren sich darstellte. Sachs hat aber am Zitteraal ferner gezeigt, dass Tetanus des Organes den Strom schwächt.[4] Dies auch am Zitterrochen zu beobachten, hatte ich noch keine Gelegenheit.

§ 10. Von den secundär-elektromotorischen Wirkungen des Zitterrochen-Organs.

Ich ging an dies noch jungfräuliche Gebiet mit um so lebhafterer Begier, als, wie man sich erinnert, zwischen meinen denselben Gegenstand betreffenden Versuchsergebnissen am Zitterwelse, und denen von Sachs am Zitteraal, ein Widerspruch zu bestehen schien. Ich brannte zu erfahren, welchen von beiden einander scheinbar zuwiderlaufenden Erfahrungen die jetzt am Zitterrochen zu gewinnenden sich anschliessen würden.

Die Vorrichtungen und Versuchsweisen, deren ich mich bediente, waren dieselben, welche zu meinen neueren Versuchen über secundär-elektromotorische Erscheinungen an Muskeln und Nerven gedient hatten. Die Art, wie die Organpraeparate den polarisirenden Strömen ausgesetzt, und die

[1] *Untersuchungen* u. s. w. S. 175. 176.
[2] *Ebenda.* S. 177. 178.
[3] *Ebenda.* S. 170. 173.
[4] *Ebenda.* S. 174. 187. 220.

secundären Ströme abgeleitet wurden, ist soeben schon geschildet worden. Beim ersten Blick erscheint es als Vortheil, dass die Organpraeparate nicht wie Muskeln zucken. Allein wie bei den Nerven geht man dadurch der Controle für die erhaltene Leistungsfähigkeit verlustig, welche bei den Muskeln die Zuckung gewährt. Wenn ferner von den Schwierigkeiten, die ich hier erwartete, manche ausblieben, so liessen die auf die beschriebene Art hergerichteten Praeparate sich an Gleichmässigkeit doch nicht mit solchen von der Natur gegebenen Versuchsobjecten vergleichen, wie wir sie an den Nerven oder an bestimmten Muskeln besitzen. Während man ein Stück Ischiadnerv, oder einen und denselben Muskel, bei einiger Sorgfalt leicht von stets gleicher Grösse und Frische vergleichsweise unversehrt sich verschafft, ist es unmöglich, für gleiche Zahl der unversehrten Säulen in unserem Praeparate zu bürgen; in demselben Fische schwankt ihre Länge zwischen medialen und seitlichen Rändern des Organes; die Leistungsfähigkeit kurz nacheinander von einem Organ geschnittener Praeparate fällt aus unbekannten Gründen sehr verschieden aus; und dazu kommt noch die veränderliche Nebenschliessung durch etwaige Reste zerschnittener Säulen, welche den unversehrten Säulen anhängen (s. oben S. 112). Dies sind die oben S. 88 angedeuteten Gründe, aus denen bei Polarisationsversuchen an den Zitterrochen-Säulen selbst der äusserst geringe Grad von Genauigkeit nicht erreichbar ist, womit ich schon an Muskeln und Nerven mich begnügen musste. Für die secundär-elektromotorischen Wirkungen des elektrischen Organes eine Tabelle mit doppeltem Eingange herzustellen, welche in ihrem einen Kopfe wachsende Stromdichten bei beiden Stromrichtungen, im anderen wachsende Schliessungszeiten enthielte, wie ich solche Tabellen für Muskeln und Nerven entwarf, wird nur allenfalls ausführbar sein, wenn man, wie Boll in Viareggio, wochenlang täglich über fünf frischgefangene Zitterrochen verfügt,[1] und wenn man überdies nicht viel Anderes vorhat.

Im Folgenden wird es sich vorzüglich um die verschiedene secundär-elektromotorische Wirkung handeln, welche der Strom in Richtung des Fisch-Schlages, und in der entgegengesetzten erzeugt. Erstere Richtung bezeichnen wir nach der von mir im Zitteraal-Buch eingeführten Redeweise als absolut positiv, letztere als absolut negativ.[2] Polarisation von Bauch zu Rücken ist also absolut positiv; und je nachdem sie einem absolut positiven oder negativen polarisirenden Strome folgt, relativ beziehlich positiv oder negativ. Um die polarisirenden Ströme in Bezug auf ihre Richtung noch bequemer zu unterscheiden, werde ich den dem Schlage

[1] *Dies Archiv.* 1873. S. 77.
[2] A. a. O. S. 149. 213.

gleichgerichteten den homodromen, den ihm entgegengesetzt gerichteten den heterodromen Strom nennen.[1] Der homodrome Strom wird durch einen aufsteigenden Pfeil (↑), der heterodrome Strom durch einen absteigenden Pfeil (↓) bezeichnet; Plus- und Minuszeichen dienen zur Unterscheidung der relativ positiven und negativen Polarisation. Unter „beiden Strömen" schlechthin verstehe ich den homodromen und den heterodromen Strom. Endlich wird es kürzehalber sich empfehlen, die Polarisation durch den homodromen und die durch den heterodromen Strom, was auch ihre absolute Richtung sei, beziehlich homodrome und heterodrome Polarisation zu nennen.

Das erste Ergebniss dieser Versuche ist nun in der That die nach verschiedenen Umständen bald relativ positive, bald relativ negative innere Polarisation des Organes nach Durchströmung in der Richtung der Säulen, ähnlich der Polarisation der Muskeln, Nerven, und des Zitterwels-Organes, und zwar sind die Bedingungen für das Hervortreten der beiden Polarisationen im Allgemeinen dieselben wie dort. Bei längerer Schliessung wird unter allen Umständen die Polarisation relativ negativ; bei kurzer Schliessung besonders stärkerer Ströme kommt unter gewissen Bedingungen relativ positive Polarisation zum Vorschein. Unter gewissen anderen Bedingungen, die sich nicht willkürlich herstellen lassen, erfolgt doppelsinnige Wirkung: erst negative, dann positive, zum Beweise, dass auch hier die negative Polarisation die flüchtigere ist. Bei gesunkener Leistungsfähigkeit bleibt zuletzt nur noch negative Polarisation übrig, doch dauert es lange bis die positive ganz vermisst wird. Man beobachtet alle diese Wirkungen im Allgemeinen in gleicher Stärke, welchem Theile der Säulen auch die in beständigem Abstande gehaltenen Thonspitzen anliegen; bei ausreichendem Widerstande des Bussolkreises, für welchen durch die ableitenden Thonspitzen gesorgt ist, fallen sie um so grösser aus, je grösser dieser Abstand: mit Einem Wort, es handelt sich um säulenartige Anordnung elektromotorischer Kräfte. Endlich bei querer Richtung des polarisirenden Stromes sowohl wie querer Stellung der ableitenden Thonspitzen erhält man nur schwache Erfolge in unbestimmter Richtung. Die Belege hierfür finden sich im Anhange.

Die Beziehungen der Polarisation zur Richtung des polarisirenden Stromes sind in allen diesen Versuchen so ausgesprochen, dass man Näheres über die Erscheinung nicht aussagen kann, ohne sogleich auf diesen Punkt einzugehen. Meine Versuche hatten denn auch meist dieselbe Form, wie die

[1] Ein sprachgelehrter College, den ich wegen dieser Ausdrücke befragte, rieth zu „isodrom" und „anisodrom." Wegen der Aehnlichkeit mit „isotrop" und „anisotrop", welche beim Beschreiben des Organes vorkommen, schienen mir aber die im Text eingeführten Formen zweckmässiger.

an der oberen und unteren Hälfte des Muskelpaares, oder an den vorderen und hinteren Wurzeln der Spinalnerven,[1] d. h. der homodrome und der heterodrome Strom wurden in bestimmten Zeiträumen abwechselnd durch die Säulen gesandt. Je stärker der Strom und je länger die Schliessungszeit, um so länger musste die Versuchsperiode gewählt werden, um dem Praeparate Zeit zu gönnen, zu einem dem natürlichen Zustand einigermaassen vergleichbaren zurückzukehren.[2]

Die Tabellen im Anhange bedürfen hiernach keiner Erläuterung mehr, die sich nicht aus der Abhandung „Ueber secundär-elektromotorische Erscheinungen u. s. w." ergäbe. Die Zahlen in den wagerechten mit *S* bezeichneten Reihen sind die Ausschläge durch den secundären, die in den mit *P* bezeichneten die Ausschläge durch den primären Strom. Wirft man einen Blick auf diese Reihen, beispielsweise auf Reihe 10, so sieht man, dass in dieser Reihe bis zum 13. Versuche der homodrome Strom (↑) absolut und relativ positive Polarisation, der heterodrome Strom (↓) absolut positive, relativ negative Polarisation erzeugt. Von hier ab werden die Polarisationen durch beide Ströme relativ negativ, die heterodrome bleibt absolut positiv, die homodrome wird auch absolut negativ, aber sie ist anfänglich viel schwächer als die absolut positive, relativ negative durch den heterodromen Strom. Mit wachsender Erschöpfung des Praeparates schwindet dieser Unterschied mehr und mehr.

Alle Versuchsreihen mit abwechselnd gerichteten Stromstössen nehmen im Wesentlichen diesen Verlauf. Gleichviel ob man mit homodromem oder mit heterodromem Strom beginne, die Polarisationen durch beide Ströme werden früher oder später relativ negativ; um so früher, d. h. nach einer um so geringeren Anzahl von Wechseln, je länger die Schliessungszeit; wie denn bei einer gewissen Dauer dieser Zeit schon der erste homodrome Strom absolut und relativ negative Polarisation giebt. Dasselbe ist der Fall bei zu geringer Leistungsfähigkeit des Praeparates. Alsdann erhält man von vorn herein durch beide Ströme nur relativ negative Polarisation, aber die homodrome ist die merklich schwächere. Man trifft also dann sogleich den Zustand an, der, bei besserer Beschaffenheit des Praeparates, erst allmählich

[1] *Sitzungsberichte* u. s. w. 1883. Bd. I. S. 363 ff. 383 ff.; — *dies Archiv*, 1884. S. 21 ff. S. 41 ff.

[2] Lange fortgesetzte Versuchsreihen dieser Art, wobei man bestimmte Zeiträume innezuhalten hat, ermüden doppelt durch die Nothwendigkeit, an der Uhr nachzusehen, ob die Zeit für einen neuen Versuch gekommen ist. Seit Jahren mit solchen Versuchen beschäftigt, liess ich mir endlich von den HH. Baltzar & Schmidt in Leipzig eine Versuchs-Weckeruhr bauen, welche, je nachdem bestimmte Scheiben eingesetzt werden, dem Beobachter alle 1, $1^1/_4$, $1^2/_3$, 2, $2^1/_2$, $3^1/_3$, 5 oder 10 Minuten durch einen Glockenschlag anzeigt, dass der Augenblick zum Versuche da ist, ihn aber noch vorher durch einen anderen Schlag zur Arbeit ruft.

im Lauf einer längeren Versuchsreihe sich einstellt; „der negative Polarisationsstrom erfolgt stets stärker im Sinne des Schlages."

Wir sind unvermerkt zu einem wichtigen Ergebniss gelangt. Denn dies sind die Worte, in welche Sachs seine Versuche über homodrome und heterodrome Polarisation am Zitteraal zusammenfasste,[1] und von welchen ich bisher annahm und wiederholt sagte, dass sie meinen Erfolgen am Zitterwelse widersprächen.[2] Indem ich jetzt am Zitterrochen fortwährend dasselbe beobachtete, wie Sachs am Zitteraal, aber zugleich das Werden der Erscheinung, fielen mir die Schuppen von den Augen. Nicht nur besteht zwischen dem Sachs'schen Ergebniss, wie er es in obigen Worten formulirt hat, und dem unsrigen kein Widerspruch, sondern beide lassen sich leicht aus Einer sehr einfachen Annahme herleiten; und da derselben Annahme auch meine Ergebnisse am Zitterwelse sich fügen, kann man sagen, dass die secundär-elektromotorischen Erscheinungen bei allen drei elektrischen Fischen im Wesentlichen einerlei und, in gewissem Sinne, verstanden sind.

Zu jener Annahme führt die Bemerkung, dass in keinem meiner Versuche am Zitterwels und Zitterrochen der heterodrome Strom jemals relativ positive Polarisation erzeugt hat. Auch doppelsinnige, zuerst relativ negative, dann positive Polarisation, kommt nur bei homodromem Strome vor. Denkt man sich, dass beide Ströme in gleichem Maasse relativ negativ polarisiren, dass aber der homodrome Strom sehr viel stärker als der heterodrome relativ positiv polarisirt, so dass die heterodrome, relativ positive Polarisation stets durch die relativ negative verdeckt wird, so ist Alles klar, wie sich aus Fig. 7 ergiebt.

Diese Figur ist unter ähnlichen, aber doch etwas anderen Voraussetzungen entworfen, als die Figuren, welche auf Taf. II des Zitteraal-Buches Sachs' Ergebnisse versinnlichen. Sie stellt abgekürzt den Vorgang bei einer Versuchsreihe dar, in der, wie bei den Reihen im Anhange, die beiden Ströme abwechselnd durch ein Stück Organ gesandt werden. Die Abscissenaxen sind natürlich die Zeit. Die Ordinatenaxen in den einzelnen Abschnitten entsprechen dem Augenblick der Schliessung der Bussole nach Oeffnung des Säulenkreises. Absolut positive Polarisation ist oberhalb, absolut negative unterhalb der Abscissenaxe aufgetragen. Nach aufsteigendem Pfeil (↑), also bei homodromem Strom, entspricht Verlauf der Curve oberhalb der Abscissenaxe absolut und relativ positiver, Verlauf unterhalb absolut und relativ negativer Polarisation. Nach absteigendem Pfeil (↓), also bei heterodromem Strom, entspricht Verlauf der Curve oberhalb

[1] *Untersuchungen* u. s. w. S. 217. 218.

[2] *Ebenda*; — *Sitzungsberichte* u. s. w. 1883. Bd. I. S. 395; — *dies Archiv.* 1884. S. 52—53.

absolut positiver, relativ negativer, Verlauf unterhalb absolut negativer relativ positiver Polarisation. Der auf die Bussole wirkende, resultirende Polarisationsstrom ist in jedem Abschnitt durch den schraffirten Flächenraum dargestellt, welchen die aus der algebraïschen Summation der beiden Polarisationen resultirende Curve mit den Coordinatenaxen einschliesst.

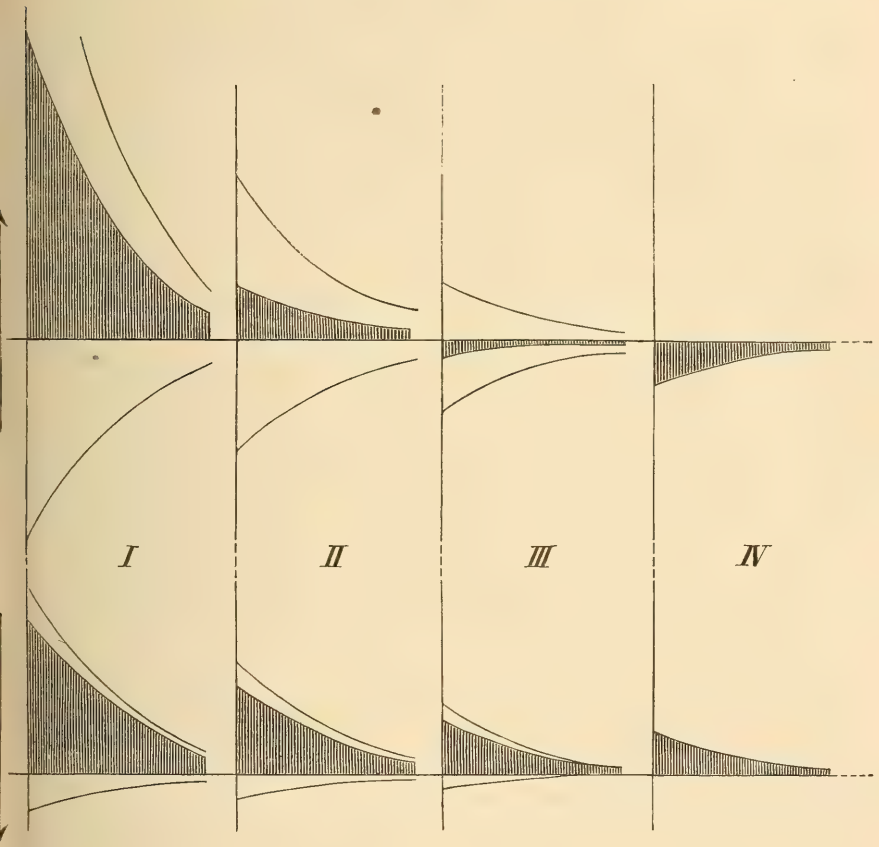


Fig. 7.

Man sieht, dass, der Wirklichkeit entsprechend, zuerst beide Ströme absolut positive Polarisation geben, der homodrome Strom die stärkere (Abschn. I der Figur); dann kommt ein Zeitraum (Abschn. II), wo zwar noch beide Polarisationen absolut positiv sind, aber die heterodrome ist die stärkere; endlich einer (Abschn. III), wo die homodrome Polarisation absolut negativ, und auch so noch kleiner erscheint, als die heterodrome. Im weiteren Verfolg nähern sich beide Polarisationen der Gleichheit (Abschn. IV).

Ich brauche kaum hervorzuheben, dass die im dritten Abschnitt dar-

gestellte Erscheinungsweise es war, welche Sachs, mit Ausschluss der beiden ersten, zu sehen bekam, und mit den Worten beschrieb, die mir, durch ihren scheinbaren Widerspruch mit meinen eigenen Ergebnissen, so viel Kopfbrechens machten: „Die relativ negative Polarisation erfolgt stets stärker im Sinne des Schlages.“ Doch bleibt bei Sachs noch Etwas dunkel. Ausser den so erklärten Polarisationsversuchen hat er noch andere angestellt, eben die, welche auf Taf. II des Zitteraal-Buches graphisch wiedergegeben sind. Auch in diesen Versuchen war ausnahmslos die Polarisation durch beide Ströme zuerst relativ negativ, dabei aber so stark, dass der Spiegel in den Aequator geworfen wurde, von wo zurückfallend er nach Sachs' Beschreibung einige grosse Schwingungen um den Nullpunkt vollzog, die, wenn die Schliessungszeit eine gewisse Grösse überstieg, ihn zweimal über den Nullpunkt in den relativ possitiven Quadranten führten. Die erste dieser Ueberschreitungen erklärt sich aus den Gesetzen der aperiodischen Bewegung gedämpfter Magnete. Da der Magnet aus einer den aperiodischen Bereich überragenden Höhe fiel, konnte er den Nullpunkt überschreiten,[1] jedoch nur einmal; die zweite Ueberschreitung, in welcher Sachs auch eine Schwingung erblickte, konnte nur auf Zeichenwechsel der resultirenden Polarisation beruhen, wofern der Spiegel sich richtig aperiodisch verhielt. Im Zitteraal-Buche gelang es mir, componirende Curven der beiden Polarisationen zu entwerfen, aus denen die von Sachs beobachteten resultirenden Curven sich ziemlich ungezwungen herleiten liessen, dies aber unter der Voraussetzung, dass der heterodrome Strom ebenso gut wie der homodrome relativ positive Polarisation erzeugt. Diese Voraussetzung widerspricht der Vorstellung, mittels welcher wir jetzt von einer ungleich zahlreicheren und besser beglaubigten Reihe von Erfahrungen, mit Inbegriff von Sachs' eigenen, anders angestellten Versuchen, Rechenschaft gaben. Die einzigen Spuren heterodromer, relativ positiver Polarisation an den drei elektrischen Organen würden jene zweiten Ueberschreitungen der Abscissenaxe in einigen der Sachs'schen Versuche sein. Unter diesen Umständen bin ich geneigt zu glauben, dass letztere doch wirklich nur das waren, wofür Sachs selber sie hielt, nämlich Schwingungen. Seine Bussole stand nicht besonders sicher,[2] und vielleicht war sein Magnet nicht gut centrirt. Dann konnten sehr starke Stromstösse ihn in Pendelschwingungen versetzen, in deren Folge er den Nullpunkt noch einmal überschritt.

Wie dem auch sei, die Voraussetzung, welche meinen Constructionen der Sachs'schen empirisch resultirenden Curven im Zitteraal-Buche zu

---

[1] *Gesammelte Abhandlungen* u. s. w. Bd. I. S. 284. 324. 355 ff.

[2] Aus den Llanos. Schilderung einer naturwissenschaftlichen Reise nach Venezuela. Leipzig 1879. S. 198; — *Untersuchungen* u. s. w. S. 137.

Grunde lag, erscheint jetzt unhaltbar, und es kann für erwiesen gelten, dass in allen drei elektrischen Organen der homodrome Strom vielleicht ausschliesslich, jedenfalls bei weitem stärker, relativ positive Polarisation erzeugt. Ehe wir versuchen, hieraus einen Schluss zu ziehen, empfiehlt es sich, noch von anderen Thatsachen Kenntniss zu nehmen.

§ 11. Von der relativen Stärke des homodromen und des heterodromen Stromes im elektrischen Organ.

Schon in meinen Polarisationsversuchen am Zitterwels-Organ war mir die verschiedene Stärke des homodromen und des heterodromen Stromes sehr aufgefallen. „An frischen Streifen, an denen die positive Polarisation in der Richtung des Schlages in voller Kraft auftrat, war stets der absteigende“ — beim Zitterwels homodrome — „Strom bedeutend stärker als der aufsteigende“ — heterodrome — : „im Verhältniss von 100:112, 116, ja sogar 125. An gekochten und an absterbenden Streifen verschwand der Unterschied. Diese Wirkung schien auf nichts gedeutet werden zu können, als auf eine während der Dauer des primären Stromes stattfindende positive Polarisation von grosser elektromotorischer Kraft, der von mehreren Grove'schen Elementen vergleichbar, die bei homodromem Strome sich zur Kraft der Grove'schen Säule hinzufügte. Streife des Organes auf die Schlagrichtung senkrecht, am Thier also quer geschnitten, gaben bei kurzer Einwirkung der dreissiggliederigen Säule schwächere, aber nach beiden Richtungen gleich starke positive Polarisation, und die Stärke des polarisirenden Stromes war in beiden Richtungen bis auf den Scalentheil dieselbe.“[1]

Soweit war ich 1857 gekommen. Wie bedeutungsvoll musste es mir jetzt erscheinen, als in fast jedem Versuch am Zitterrochen sich wieder jene Ueberlegenheit des homodromen Stromes offenbarte, und zwar in noch höherem Grade, als damals am Zitterwelse. Einen der merkwürdigsten Fälle bieten die Reihen 13 und 14, in welchen der homodrome Strom von dreissig Grove mehrmals über doppelt so stark erscheint, wie der heterodrome. Um dies durch eine nur zum homodromen Strom hinzutretende positive Polarisation zu erklären, während der negativen Polarisation durch beide Ströme gleiche Stärke beigemessen wird, muss man der homodromen positiven Polarisation eine elektromotorischen Kraft von über fünfzehn Grove zuschreiben. In Reihe 20, bei fünfzig Grove im Kreise, verhält sich der heterodrome zum homodromen Strom anfangs fast wie 3:5; die positive

[1] *Gesammelte Abhandlungen* u. s. w. Bd. II. S. 720. — *Untersuchungen* u. s. w. S. 206. 218.

Polarisation musste die Stärke von zwanzig Grove erreicht haben. In Reihe 10 ist bei zwanzig Grove dasselbe Verhältniss wie 1:3; die secundär-elektromotorische Kraft kommt diesmal zwar nur etwa dreizehn Grove gleich, muss aber das doppelte der primären betragen haben.

Bei querer Richtung des Stromes im Praeparate fehlt der Unterschied der beiden Ströme, ebenso an abgestorbenen oder durch Siedhitze getödteten Praeparaten (s. unten S. 129. 130 und Reihe 17 und 18 im Anhange); an aufliegenden Praeparaten, im Laufe einer Versuchsreihe, sieht man ihn schwinden in dem Maasse, wie das Praeparat abstirbt.

Wir wissen leider noch nichts Gewisses von der elektromotorischen Kraft der Zitterfische, ausser dass sie sehr gross sein muss, wenn auch gerade am kleinsten beim Zitterrochen.[1] Auf alle Fälle wird man es auf den ersten Blick unglaublich finden, dass in unseren Organpraeparaten eine so hohe elektromotorische Kraft herrsche, und man wird nach einer anderen Ursache für die verschiedene Stärke der beiden Ströme forschen.

Ein Unterschied von Stromstärken kann nur auf zweierlei beruhen: auf ungleicher elektromotorischer Kraft, oder auf ungleichem Widerstande. Es wäre denkbar, dass im elektrischen Organe irreciproker Widerstand[2] stattfände, dass es im Sinne des Schlages besser als im anderen leite. Elektrolyte leiten nur, sofern sie zersetzt werden; nach einer wohl begründeten Lehre aber geht der Elektrolyse eine ähnliche Anordnung elektropositiver und -negativer Bestandtheile vorauf, wie wir sie zur Erklärung des Schlages und der positiven Polarisation voraussetzen. Wenn nun diese Anordnung leichter oder überhaupt nur in absolut positiver Richtung von statten ginge, würde es verständlich, warum das Organ den homodromen besser als den heterodromen Strom leite. Die Abhängigkeit des hypothetischen irreciproken Widerstandes vom Lebenszustande würde sich daraus erklären, dass der ungleiche Widerstand in beiden Richtungen auf den vom Leben abhängigen elektrischen Eigenschaften der Organmolekeln beruhte. So sehen wir uns vor eine Aufgabe gestellt, welche im Gebiet des Galvanismus öfter wiederkehrt und meist ungelöst bleibt: zu entscheiden, ob ein beobachteter Unterschied der Stromstärken von einem solchen der elektromotorischen Kraft oder des Widerstandes herrührt.

Eine Art, im vorliegenden Falle diese Frage zu beantworten, bestände darin, im primären Kreise einen so grossen Widerstand neben dem des Organpraeparates einzuführen, dass letzterer dagegen verschwände. Wenn dann auch der Unterschied der beiden Ströme verschwände, während der

---

[1] *Untersuchungen* u. s. w. S. 276. Anm. 2. 411.

[2] Vgl. Arthur Christiani, *Beiträge zur Electricitätslehre.* Ueber irreciproke Leitung electrischer Ströme u. s. w. Berlin 1876.

der Polarisationen bestehen bliebe, wäre der Ursprung des Unterschiedes aus verschiedenem Widerstande erwiesen. Ich habe einen Versuch der Art angestellt, in welchem ich ausser dem Praeparat ein 71^{cm} langes, im Lichten 2^{mm} im Durchmesser haltendes, zweimal rechtwinklig gebogenes Rohr voll physiologischer Kochsalzlösung als Widerstand einschaltete, dessen durch Thonpfröpfe verschlossene Enden in zwei Gefässe mit Zinklösung tauchten. Der Unterschied der Stromstärken in beiden Richtungen verschwand, leider aber fehlte wegen gesunkener Leistungsfähigkeit auch der der Polarisationsströme; es war in diesem Falle mit dem Organ zum Zweck dieser Entscheidung nichts mehr anzufangen, und ich konnte noch nicht den Versuch wiederholen.[1]

Bei einer anderen Gelegenheit betrat ich, um mich dem vorgesteckten Ziele zu nähern, einen anderen Weg. Anstatt die Polarisation erst nach Oeffnung des primären Stromes zu beobachten, suchte ich mir ein Bild davon schon während seiner Dauer zu verschaffen, indem ich die ableitenden Thonspitzen mit dem Bussolkreise zu einer Nebenleitung zum Praeparate machte. Die Säule bestand aus zwanzig Grove, die Bussolrolle (S) von 5000 Windungen musste in grosse Entfernung vom Spiegel gebracht werden, um die Ablenkung in richtigen Schranken zu halten. Die Schliessungszeit betrug erst 0″·0764, später 1″·024. Der Erfolg war überraschend. Während nämlich der homodrome Strom an der Bussole (P) fast doppelt so stark erschien, wie der heterodrome, erschien an der Bussole (S) der vom homodromen Strom abgeleitete Zweig sehr viel schwächer als der dem heterodromen entlehnte (Reihe 25). Ersetzte ich das Praeparat durch ein (beiläufig viel schlechter leitendes) Phantom aus physiologischem Thon, so waren die Unterschiede verschwunden, zum Beweise, dass nicht etwa sonst irgendwo im Kreise irreciproker Widerstand herrschte.

Damit scheint entschieden, dass der Unterschied auf irreciprokem Widerstand beruhe. Denn man sieht nicht ein, wie bei gleichem Widerstand im Praeparate der vom stärkeren Strom abgeleitete Zweig schwächer ausfallen könne, und man wird verleitet sich zu denken, dass dies nur von besserer Leitung des Praeparates für den homodromen Strom herrühre. Genauere Ueberlegung an der Hand einer schematischen Rechnung lehrt jedoch, dass die Anschauung hier nicht ausreicht, und dass wenigstens

[1] [Ich habe mich später durch die Rechnung überzeugt, dass auch in diesem Falle, wie in dem unmittelbar folgenden, die Anschauung irre führt, und dass auf dem hier versuchten Wege eine Entscheidung zwischen den beiden in Frage stehenden Möglichkeiten nicht zu erlangen ist. In einer zweiten, bald erscheinenden Abhandlung über lebende Zitterrochen in Berlin werde ich die Täuschung, in welche ich hier verfallen bin, ausführlich darlegen.]

unter den der Rechnung zu Grunde gelegten Annahmen die Sache sich anders verhält.

Der Einfachheit halber nehmen wir an, dass jeder der beiden Ströme gleich starke relativ negative, aber nur der homodrome relativ positive Polarisation erzeugt. Wir setzen die elektromotorische Kraft beider Polarisationen der Dichte des Säulenstromes im Praeparate proportional, dem wir den Querschnitt = 1, und auch die Länge = 1 zuschreiben. Vorläufig untersuchen wir nur, wie sich die Dinge bei ungleichem specifischen Widerstande des Praeparates gestalten, indem wir die Verwickelung vermeiden, welche aus der sonst erwägenswerthen, aber schwer mathematisch einzukleidenden Annahme entspränge, dass der Unterschied der Widerstände in beiden Richtungen Function der Stromdichte sei. Uebrigens behandeln

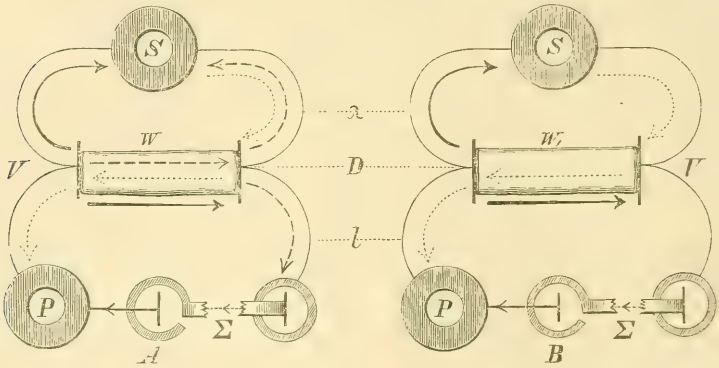


Fig. 8.

wir das Praeparat wie einen linearen Leiter, oder so, als lägen der Bauch- und Rückenfläche metallische unpolarisirbare Elektroden an, mit welchen die Enden des Säulen- und die des Bussolkreises verbunden wären. Siehe Fig. 8 *A* und *B*, welche die Dinge beziehlich für den homodromen und für den heterodromen Strom vorstellen. Man erkennt leicht den Säulenkreis mit der Säule (Σ) und der Bussole (P), den abgeleiteten Stromzweig mit der Bussole (S). Die ausgezogenen Pfeile bedeuten die von der Säule, die gestrichelten die von der absolut positiven, die punktirten die von der relativ negativen Polarisation ausgehenden Stromantheile. Dass wir bei dieser ersten rohen Annäherung vom zeitlichen Verlaufe der Polarisation und von der Induction absehen, bedarf nicht der Erwähnung.

Es sei E die elektromotorische Kraft der Säule;

l der Widerstand des die Säule und die Bussole (P) enthaltenden Säulenkreises;

λ der Widerstand des die Bussole (S) enthaltenden Bussolkreises;

w, w_1 der Widerstand des Praeparates beziehlich bei homodromem und heterodromem Strom;

K die Kirchhoff'sche Productensumme $wl + w\lambda + \lambda l$ bei homodromem,

K_1 die entsprechende Summe bei heterodromem Strom.

P sei die Constante, welche, mit der im Praeparat herrschenden Stromdichte multiplicirt, die elektromotorische Kraft der homodromen absolut und relative positiven Polarisation misst,

Π die entsprechende Constante für die relativ negative Polarisation.

I sei die Stärke des homodromen,

I_1 die des heterodromen Stromes im Säulenkreise;

i und

i_1 endlich seien die entsprechenden Stromstärken im nebenschliessenden Bussolkreise.

Im Säulenkreise herrscht zunächst wegen der elektromotorischen Kraft der Säule eine Stromstärke $E(w + \lambda) / K$. Zu dieser fügt sich der Stromantheil, den die Polarisationen durch den Säulenkreis schicken. Der Strom der Säule hat im Praeparat die Stärke $E\lambda / K$. Die erregte Polarisation ist (da wir den Querschnitt = 1 gesetzt haben) also $(P - \Pi) E\lambda/K$, und der dadurch im Säulenkreise erzeugte Stromzweig $[(P - \Pi) E\lambda/K] \times [\lambda/K]$. Da in diesem Kreise P mit E gleich gerichtet ist, haben wir

$$I = \frac{E}{K^2}[(w + \lambda) K + (P - \Pi) \lambda^2].$$

Ebenso ergiebt sich, da P im Bussolkreise E entgegenwirkt,

$$i = \frac{E}{K^2}[wK - (P - \Pi) \lambda l].$$

I_1 und i_1 erhält man beziehlich aus I und i, indem man $P = 0$ setzt und w, K in w_1, K_1 verwandelt. Danach ist

$$I_1 = \frac{E}{K_1^2}[(w_1 + \lambda) K_1 - \Pi\lambda^2],$$

$$i_1 = \frac{E}{K^2}[w_1 K_1 + \Pi\lambda l].$$

Erfahrungsmässig ist $i < i_1$, $I > I_1$, somit besteht die Ungleichheit

$$I - i > I_1 - i_1, \text{ oder}$$

$$K^2_1[K + (P - \Pi)(\lambda + l)] > K^2[K_1 - \Pi(\lambda + l)] \ldots\ldots (*)$$

Die erste Frage ist nunmehr, ob unserer Vermuthung gemäss diese Ungleichheit erfüllt werde durch $w_1 > w$ bei $P = 0$, was irreciprokem

Widerstand im Praeparat ohne absolut positive Polarisation entspricht. Allerdings ist dies der Fall. Setzt man $P = 0$ und macht man kürzehalber $\lambda + l = \alpha$, $\lambda l = \beta$, so lässt sich die Ungleichheit schreiben

$$(w_1 - w)\left[(\beta - 2\alpha II)\left(\beta + \alpha(w_1 + w)\right) + \alpha w_1 w\right] > 0.$$

Dieser Bedingung genügt $w_1 > w$, so lange nicht die Grösse in der eckigen Klammer negativ wird. Letzteres kann nur so geschehen, dass die Constante II der negativen Polarisation einen gewissen Werth überschreitet der uns vorläufig nicht interessirt.

Nun fragt es sich aber umgekehrt, ob, dem anderen Theil unserer Vermuthung, und unserem bloss auf der Anschauung beruhenden Schlusse gemäss, die Ungleichheit sich nicht auch erfüllt finde, wenn $w = w_1$, dagegen P von endlicher positiver Grösse sei. Da zeigt sich denn sogleich auf das Einfachste, dass die Ungleichheit (*) ebenso gut gilt, so lange

$$P > 0;$$

d. h. sobald homodrome absolut und relativ positive Polarisation da ist, können auch ohne irreciproken Widerstand die Erscheinungen so sich darstellen, wie wir sie wahrnahmen, und wir sind also zu keiner Entscheidung gelangt. Die Ueberlegenheit des homodromen Stromes kann sowohl auf positive Polarisation wie auf irreciproken Widerstand gedeutet werden.

Natürlich steht noch die Vermuthung offen, dass beide Erklärungen zugleich in der Wirklichkeit begründet sind, ja sie sind es sicher, wenn irreciproker Widerstand im Spiel ist, da an dem Dasein der positiven Polarisation nicht zu zweifeln ist, während der irreciproke Widerstand eine neue, dem Organ zugeschriebene Eigenschaft wäre, deren Dasein neben der positiven Polarisation erst des Beweises bedarf. Bis dieser geliefert ist, wird man sich darin finden müssen, dass in einem Organpraeparat von kaum der Grösse des bekannten Muskelpaares vom Frosch noch immer eine elektromotorische Kraft von zwanzig Grove steckt. Dies wird Einem leichter, wenn man sich erinnert, dass im schlagenden Organ des lebenden Fisches unstreitig eine noch viel grössere Kraft thätig war. Aber im Conflict der Kraft des Organes mit einer bekannten Kraft wie der der Grove'schen Säule tritt Einem deutlicher als sonst das Staunenswerthe dieser Thatsache vor die Augen, zu der es nur Ein Seitenstück giebt, gegen dessen Wunder wir freilich abgestumpft sind, die mechanische Wirkung nämlich, deren die hier elektrisch wirksamen wenigen Gramm Wasser und organische Substanz fähig wären, wenn letztere, statt zum elektromotorischen Organ, zum Muskel sich entwickelt hätte.[1]

[1] Vgl. *Monatsberichte der Akademie.* 1858. S. 99.

Was übrigens den zuletzt beschriebenen Versuchen, in welchen der Bussolkreis dem Praeparat während des polarisirenden Stromstosses als Nebenschliessung anlag, besonderes Interesse verleiht, ist der Umstand, dass Sachs am Zitteraal einen ähnlichen Versuch, soweit sich urtheilen lässt, mit demselben Erfolg angestellt hat. Er schloss den Strom seiner siebzehn Grove dauernd durch ein Stück Organ, und leitete mit den Thonspitzen einen Zweig davon ab durch die Bussole, deren Empfindlichkeit passend vermindert war. „Als das Organ im Sinne des Schlages durchströmt wurde, betrug die Ablenkung 80^{sc}; bei der anderen Richtung 95^{sc}. Die Ablenkung hielt sich constant auf dieser Höhe.“[1] Sachs beobachtete also nur i und i_1, zur Beobachtung von I und I_1 fehlten ihm die Mittel. Da er aber, wie nunmehr ich am Zitterrochen, $i < i_1$ fand, ist es wohl sehr wahrscheinlich, dass er auch $I > I_1$ gefunden hätte.

§ 12. Abhängigkeit der secundär-elektromotorischen Wirkungen und der Leitungsgüte des Organes von dessen Lebenszustande.

Es wurde schon mehrfach angedeutet, dass die Polarisirbarkeit des Organes auf das Engste an dessen Lebenszustand geknüpft ist. Methodische Versuche über diese Abhängigkeit stellte ich noch nicht an, und auch sie werden aus den oben S. 117 angegebenen Gründen schwer durchführbar sein. Das abgestorbene Organ zeigt nur noch schwache relativ negative Polarisation gleich stark in beiden Richtungen.

Ebenso verhält sich ein in Wasser gesottenes Organpraeparat. Das Organ war nicht mehr frisch; bei mässiger Sommertemperatur der äusseren Luft hatte es 48 Stunden lang auf Eis gelegen. Auf Lakmuspapier reagirte es noch alkalisch bis neutral, nach plötzlichem Abbrühen und Sieden jedoch sauer bis zur Zwiebelröthe des Pigments. Es zeigte also in dieser Beziehung denselben Unterschied vom Muskel, wie das Zitterwels-Organ.[2] Die Säulen des gesottenen Stückes lösten sich bei leiser Berührung rein von einander ab. In diesem Zustand hatte das Praeparat jede Spur des Organstromes eingebüsst. Vor dem Sieden erzeugte 5″ lange Schliessung des Stromes von dreissig Grove so starke relativ negative Polarisation, dass die Scale aus dem Felde flog, nach dem Sieden erfolgte in beiden Richtungen nur noch eine Spur. Dabei fiel es sehr in die Augen, dass das Praeparat an Widerstand abgenommen hatte, ganz wie ich es am Muskel und dem

[1] *Untersuchungen* u. s. w. S. 218.

[2] *Dies Archiv.* 1859. S. 846; — *Gesammelte Abhandlungen* u. s. w. Bd. II. S. 17 ff. 646. 647; — *Untersuchungen* u. s. w. S. 70 — 72. — Vgl. Hrn. Weyl's entsprechende Erfahrungen in *diesem Archiv.* 1883. (Festschrift.) S. 112 ff.

Pflanzengewebe fand,[1] und auch schon vom Zitterwels-Organ angab.[2] Die Stromstärken vor und nach dem Sieden verhielten sich wie 100:133, es hatten sich aber Säulen beim Sieden losgelöst, so dass das Verhältniss unstreitig noch kleiner war. Ob das abgestorbene Organ besser leite als das frische, wie dies beim Muskel der Fall ist, konnte ich noch nicht ermitteln, doch ist es wegen der mit dem Absterben verbundenen Säuerung wohl sehr wahrscheinlich.

§ 13. Erörterung der vorigen Ergebnisse.

Wie unvollkommen die obigen Erfahrungen über die secundär-elektromotorischen Erscheinungen der elektrischen Organe auch seien, sie begründen einen ansehnlichen Fortschritt in der Kenntniss dieser Organe. An die Stelle des beängstigenden Widerspruches zwischen den Sachs'schen Ergebnissen am Zitteraal und den meinigen am Zitterwelse trat die Einsicht, dass bei allen drei elektrischen Fischen die secundär-elektromotorischen Erscheinungen des Organes dieselben sind. Die Erscheinungen konnten beim Zitterrochen schon etwas mehr in's Einzelne verfolgt werden, als beim Zitterwelse, vollends beim Zitteraal. Die blosse Thatsache, dass das Zitterrochen-Organ, welches zu diesen Versuchen kaum tauglich schien, sehr gut dazu sich eigne, ist von hohem Werth, und in Verbindung mit der Aussicht, im hiesigen Laboratorium fortgesetzt über lebende Zitterrochen zu verfügen, berechtigt sie zur Hoffnung, dass es vergönnt sein werde, das in der ersten Hast nur roh Skizzirte genauer auszuführen. Vielleicht wäre es rathsam, bis zu diesem Zeitpunkt die Erörterung des bisherigen Gewinnes zu verschieben. Doch kann es nicht schaden, wenn die jetzt hier stattfindende Sachlage dargelegt, und für die demnächst zu unternehmenden Schritte die leitenden Gesichtspunkte bezeichnet werden.

---

[1] Vgl. Joh. Ranke, *Tetanus.* Eine physiologische Studie. 1865. S. 16. — *Gesammelte Abhnndlungen* u. s. w. Bd. II. S. 95. 118.

[2] *Sitzungsberichte* u. s. w. 1883. Bd. I. S. 392. 398; — *dies Archiv*, 1884. S. 50. 55. 56. — Durch ein Versehen ist hier gesagt, dass der Widerstand eine Streifes Zitterwels-Organ durch das Sieden von 100 auf 42 herabgesetzt wurde. Wie oben im Texte muss es heissen, die Stromstärke sei durch das Sieden im Verhältniss von 42:100, oder von 100:238 erhöht worden. Dass das Verhältniss der Stromstärken vor und nach dem Sieden in den Versuchen am Zitterwels kleiner war als in denen am Zitterrochen, rührte, abgesehen von dem im Text angegebenen Umstande, davon her, dass der Widerstand der damals zur Ableitung dienenden Zuleitungsgefässe mit Kochsalzlösung, Keilbäuschen und Eiweisshäutchen kleiner war als der der jetzt angewandten Zuleitungsröhren mit Thonspitzen. Eben deshalb aber näherte sich in den Versuchen am Zitterwelse jenes Verhältniss mehr dem wirklichen (reciproken) Verhältniss der Widerstände des Praeparates.

Die in beiden Richtungen gleich starke relativ negative Polarisation, welche einfach mit Stromdichte und -Dauer bis zu einer gewissen Grenze wächst, wollen wir bis auf Weiteres als gewöhnliche innere Polarisation betrachten, obschon, wie bei Muskel und Nerv, ihre Abhängigkeit vom Lebenszustande, ihre Vernichtung durch Siedhitze einiges Bedenken erregt.

Ungleich schwerer ist es jedenfalls, nach unseren neueren Erfahrungen, sich vom Wesen der absolut positiven Polarisation eine auch nur vorläufig befriedigende Vorstellung zu bilden. Daran kann kein Zweifel sein, dass sie im Gegensatz zur relativ negativen Polarisation gleichsam als der mehr physiologische Vorgang erscheint. Ihre Abhängigkeit vom Lebenszustand ist grösser; am absterbenden Organ schwindet sie zuerst. Es giebt nun aber zwei verschiedene Arten sie zu deuten. Die erste Art besteht darin, sie nebst dem Organstrom als Nachwirkung eines durch elektrische Reizung ausgelösten Schlages anzusehen, die zweite darin, sie als Folge einer durch den homodromen Strom unmittelbar bewirkten säulenartigen Anordnung der elektromotorischen Molekeln zu betrachten.

Beim ersten Blick scheinen für die erste Auffassung sehr starke Gründe zu sprechen. Da wir den Schlag selber durch säulenartige Anordnung elektromotorischer Molekeln erklären, kann man fragen, worin denn diese Anordnung und die durch den homodromen Strom unmittelbar erzeugte, der absolut positiven Polarisation entsprechende, sich von einander unterscheiden sollen, weshalb nicht letztere stets zu einem Schlag ausarte. Die zweite Annahme, wonach die absolut positive Polarisation durch den homodromen Strom unmittelbar bewirkt würde, nicht aber durch den heterodromen Strom, bürdet dem Organ eine neue und dunkle Eigenschaft mehr auf. Freilich scheint auch die erste Annahme Aehnliches mit sich zu bringen, sofern dabei nur der homodrome Strom den Schlag auslösen würde. Man kann aber dieselbe Reihe der Erscheinungen, welche Fig. 7 zu erläutern bestimmt war, auch ableiten, wenn man den heterodromen Strom neben relativ negativer, absolut positiver Polarisation einen Schlag erzeugen lässt; er muss zwar viel schwächer bleiben als der durch den homodromen Strom erzeugte, aber hierfür bietet wenigstens das Gesetz der Zuckungen eine Analogie.

Bei alledem bleiben bei der ersten Erklärung solche Bedenken zurück, dass ich nicht wage, ihr rückhaltslos zuzustimmen. Zunächst ist zu bemerken, dass sie auf der Voraussetzung fusst, die wir der Einfachheit halber oben machten, die aber doch unbewiesen ist, dass der heterodrome Strom unfähig sei, relativ positive Polarisation zu erzeugen. Gewiss ist nur, dass solche Polarisation noch nicht gesehen wurde, doch könnte sie, schwächer als die homodrome absolut und relativ positive, stets von der relativ nega-

tiven Polarisation verdeckt gewesen sein. Dies ist sogar die Vorstellung, die wir unserer Construction in Fig. 7 zu Grunde legten.

Sodann ist es keinesweges so sicher, dass es nicht zwei Zustände geben könne, welche, obschon beide mit säulenartiger Anordnung der Molekeln verknüpft, und in ihrer äusseren Wirkung einerlei, im Inneren der elektrischen Platten verschieden sind; deren einer dem Schlage, der andere der absolut positiven, homodromen Polarisation entspreche. Der Organstrom, die Nachwirkung des Schlages nach der ersten Annahme selber beweisen, dass nicht jede absolut positive Wirkung Schlag ist.

Nun kommt es aber in Versuchsreihen an frischeren Praeparaten zuweilen vor, dass zuerst eine ungemein starke Wirkung erfolgt, welche die Scale aus dem Gesichtsfelde schleudert, und in der man zweifellos die Nachwirkung eines Schlages, wenn nicht dessen letzte Theile selber erkennt. Dies Phaenomen sieht ganz anders aus als die gewöhnliche absolut positive Polarisation, die man bei öfterer Wiederholung des Versuches am nämlichen Praeparat unter denselben Umständen erhält, indem es keine der ursprünglichen Stärke proportionale Nachhaltigkeit zeigt. Einen ähnlichen zeitlichen Verlauf beobachtet man an der Nachwirkung der durch mittelbare Reizung des Praeparates (Abschneiden heraushängender Nervenstämmchen) ausgelösten Schläge. Die Art, wie von hier ab die absolut positiven Ausschläge mit vollkommener Regelmässigkeit, der Natur der Stromstösse und der Leistungsfähigkeit des Praeparates entsprechend, tagelang mit abnehmender Stärke, zuletzt nur noch spurweise erscheinen, macht gar nicht den Eindruck, als handele es sich um einen der Muskelzuckung verwandten Auslösungsvorgang.

Hier ist der Ort, von einem bisher noch nicht ausdrücklich behandelten Punkte zu sprechen, der, obschon von grösster Wichtigkeit, in rein thatsächlicher Beziehung noch durchaus nicht hinlänglich aufgeklärt ist, das ist die Abhängigkeit der absolut positiven Polarisation von der Stromdichte. Während ich lange geglaubt hatte, dass es für die Erzeugung dieser Polarisation eine hohe Schwelle der Stromdichte gebe, fand ich zu spät an Praeparaten des letzten von mir geopferten Fisches, dass unter Umständen schon der Strom von Einem Grove starke absolut positive Polarisation erzeuge; wobei aber die Besonderheit sich kund gab, die mich vermuthlich früher getäuscht hatte, dass diese Wirkung rasch ein Ende nahm. Wurde jetzt die Zahl der Säulenglieder angemessen vermehrt, so erfolgten wieder die gewohnten Wirkungen (Reihe 1). Doch war es mir noch nicht möglich, mich in dem Gedränge schwankender Erscheinungen, von dem ich mich hier umgeben sah, sicher zurechtzufinden. Eine sehr sonderbare Art von Bewegung des Magnetspiegels kehrte von Zeit zu Zeit wieder, ohne dass es mir gelang, ihren Sinn zu durchschauen, geschweige sie willkürlich

hervorzurufen. Sie bestand darin, dass das Scalenbild nicht wie sonst vom Maximum der Ablenkung herabfiel, sondern gleichsam schnellend zurückgeworfen wurde, jedoch ohne den Nullpunkt zu überschreiten.

Zu spät leuchtete mir eine Versuchsweise ein, mit deren Hülfe, sobald ich wieder über Zitterrochen gebiete, die Entscheidung zwischen den beiden einander hier entgegengestellten Auffassungen der absolut positiven Polarisation gelingen zu müssen scheint. Sie besteht darin, das Organpraeparat, statt es einem einzelnen Stromstoss auszusetzen, mit Wechselströmen zu tetanisiren. Ich setzte dies schon in's Werk, indem ich die Wippe, statt des Säulenkreises, den secundären Kreis des Inductoriums schliessen liess. Wäre die absolut positive Polarisation nichts als Nachwirkung des Schlages, so müsste sie nach kurzem Tetanisiren mit grösster Stärke auftreten. Dies war aber nicht der Fall; auch bei sehr kräftiger Induction, mit der gewöhnlichen Einrichtung des Inductoriums, erfolgte nur schwache Polarisation in dem Sinne, als wären die Oeffnungsschläge allein vorhanden, nämlich absolut und relativ Polarisation bei homodromen, relativ negative, absolut positive Polarisation bei heterodromen Oeffnungsschlägen. Nach länger fortgetetztem Tetanus des Zitteraal-Organes fand Sachs dessen Strom, statt wie nach einem einzelnen Schlage verstärkt, vielmehr etwas geschwächt (s. oben S. 116). Doch ist nicht daran zu denken, daraus den Erfolg meines Versuches zu erklären. Leider konnte ich ihn bisher nur wenigemal bei gesunkener Leistungsfähigkeit des Organes anstellen, so dass ich seinem Ergebniss noch nicht völlig traue.

Noch eine Versuchsweise liegt sehr nahe, welche unter gewissen Bedingungen hier zum Ziele führen könnte; man braucht nur zu beobachten, ob auch bei längerer Schliessungszeit der homodrome Strom seine Ueberlegenheit bewahrt. Ist dies der Fall, so kann die positive Polarisation nicht einerlei mit dem Schlage sein, denn dieser kann bei längerem Hindurchgang eines beständigen Stromes durch das Organ doch nur im Augenblick der Schliessung sich zum Säulenstrom hinzufügen. Ich habe nun in der That auch bei 1″, 5″, ja 20″ Schliessungszeit jene Ueberlegenheit noch gesehen (Reihe 8, 15, 16, 25); allein die Versuche dieser Art werden erst dann beweiskräftig, wenn die Hypothese von einem irreciproken Widerstande des Organes völlig beseitigt ist.

Wie man sieht, bleibt nichts übrig, als bis zu weiteren Erfahrungen, denen aber der Weg klar vorgezeichnet ist, sich in Geduld zu fassen. Die nächste Sendung Zitterrochen wird uns der Entscheidung der hier gestellten Frage wohl einen Schritt näher bringen.

§ 14. Ueber die elektromotorischen Wirkungen der elektrischen Nerven des Zitterrochen.

Die einzigen Versuche über die elektromotorischen Wirkungen elektrischer Nerven, welche es bisher gab, waren die von mir am Zitterwels angestellten. Der Nerv gab zwischen Längs- und Querschnitt keinen Strom in der Ruhe und keine negative Stromschwankung im Tetanus: dagegen gab er mit zwei Grove schwach aber sicher Elektrotonusströme.[1] Seine Leistungsfähigkeit war wohl schon ziemlich tief gesunken, doch wäre nicht zu verwundern, wenn auch der ganz frische Nerv Ruhestrom und negative Schwankung scheinbar versagte, da der Querschnitt der einzigen in der Axe des Nerven verlaufenden Faser zu dessen Gesammtquerschnitt sich verhält wie 1 : 90—104.[2] Wegen der erstaunlichen Besonderheit im Baue des elektrischen Zitterwels-Nerven war es also als wäre noch nie ein elektrischer Nerv elektromotorisch geprüft worden, und leider liess sich Sachs die Gelegenheit entgehen, am Zitteraale diese Lücke auszufüllen.[3]

Auch die italiänischen Elektrophysiologen benutzten den ihnen hier von Natur zustehenden Vorsprung nicht, und so blieb es seltsamerweise mir vorbehalten, über vierzig Jahre nach Entdeckung des Nervenstromes, im physiologischen Institut dieser nordischen Hauptstadt zuerst einen Zitterrochen-Nerven in den Bussolkreis zu bringen. Dies geschah gleich das erste Mal, dass ich einen Zitterrochen tödten durfte, am 13. Juni 1883. Da man nicht wissen konnte, wie rasch die Nerven in der Sommerhitze absterben würden, bat ich Hrn. Prof. Christiani die Untersuchung vorzunehmen, während ich selber mit den Polarisationsversuchen am Organ beschäftigt war. Hr. Prof. Fritsch hatte die Güte, die ihm so vertrauten Nerven zu praepariren.

Die acht elektrischen Nerven eines grösseren Zitterrochen, jederseits vier, sind, wie ich es erwartet hatte,[4] ein vorzügliches Versuchsobject. Sie sind leicht in einer Länge von 3—4^{cm} unverzweigt darstellbar, und an mittelgrossen Thieren bis zu 2·5^{mm} dick. Wenn sie nicht als elektrische Nerven sich von anderen Nerven unterscheiden, wird man an ihnen bisher unerreichbare Aufschlüsse über die allgemeine Physik der Nerven erhalten können.

1. Ruhestrom der elektrischen Nerven des Zitterrochen.

Kurz vor den Kraftmessungen an den elektrischen Nerven wurde die Kraft des N. ischiadicus vom Frosch an denselben Vorrichtungen gemessen,

[1] *Gesammelte Abhandlungen* u. s. w. Bd. II. S. 645.

[2] *Ebenda.* Anm. — Durch einen Druckfehler steht hier 8950 statt 89·50.

[3] *Untersuchungen* u. s. w. S. 171.

[4] *Sitzungsberichte* u. s. w. 1883. Bd. I. S. 387; — *dies Archiv*, 1884. S. 45.

und sie lieferte die gewöhnlichen Werthe, 0·014 bis 0·022 Raoult. Die Stücke von elektrischen Nerven hatten gleiche Länge mit den Stücken Ischiadnerv, 12 bis 15mm; ihre grössere Dicke liess bei gleicher specifischer elektromotorischer Kraft grössere Leistung im Bussolkreis erwarten. Dies bestätigte sich nicht. Hr. Christiani erhielt von den elektrischen Nerven

I	II	III	II_b
0·0054	0·0086	0·0054	0·0089.

Die römischen Zahlen sind die Ordnungszahlen der elektrischen Nerven, II_b gehörte einem anderen, am 27. Juni geopferten Thier an. Die grösste von Hrn. Christiani gefundene Kraft ist über zweimal kleiner als die der Froschnerven, über dreimal kleiner als die der Vogelnerven und der Säugernerven mit Ausnahme der Pferdenerven, und über fünfmal kleiner als die der Hummernerven nach Hrn. Fredericq's Bestimmungen.[1]

Dies auffallende Ergebniss forderte zu näherer Prüfung auf, welche ich im Laufe des Winters an zwei Zitterrochen vornahm. Vielleicht wegen der Kälte und des Hungers, unter denen die Thiere seit mehr als zwei Monaten litten, erhielt ich aber durchschnittlich noch kleinere Werthe als Hr. Christiani: das Mittel aus seinen vier Messungen ist 0·007075, aus meinen sechszehn nur 0·005925. Nur in Einem Falle, wo der Nerv besonders frisch war, fand ich höhere Werthe, und einmal stieg sogar die Kraft auf 0·01123, eine Grösse, wie man sie auch an schwächeren Froschnerven und an Krötennerven antrifft, die jedoch viel dünner sind.[2] Sofern meine Messungen die von Hrn. Christiani einfach bestätigen, würde ich nicht weiter davon reden, allein ich stiess dabei auf ein Verhalten, welches mir wichtig genug erscheint, um es in folgender Tabelle vorzuführen.

L und R bedeuten links und rechts. Alles Uebrige spricht für sich selbst. Wie man sieht, giebt sich in diesen Versuchen durchweg grössere Negativität des peripherischen Querschnittes gegen den Aequator zu erkennen. Nachdem mir dies in den beiden ersten Versuchen aufgefallen war, leitete ich fortan das Stück Nerv mit den Thonschilden auch von beiden Querschnitten ab. Die letzte Spalte zeigt, wie genau die so erhaltene Kraft mit dem Unterschied der Kräfte zwischen Aequator und beiden Querschnitten stimmt. Um die Sicherheit der gefundenen Regel auf die Probe zu stellen, bat ich Hrn. Fritsch, das eine Ende der Nervenstücke mit einem Fäserchen bunter Flockseide zu bezeichnen, und mir das Stück zu reichen ohne mir zu sagen, welches Ende das centrale, welches das peripherische sei. Aus-

---

[1] *Dies Archiv.* 1880. S. 68. 71.

[2] Vgl. Wedenskii, Notiz zur Nervenphysiologie der Kröte. *Ebenda.* 1883. S. 310.

Elektromotorische Kraft der elektrischen Zitterrochen-Nerven in Raoult.

			Zwischen Aequator und peripherischem Querschnitt (+ P, ↑)	Zwischen Aequator und centralem Querschnitt (+ C, ↓)	Zwischen beiden Querschnitten (P — C) beobachtet (D)	Zwischen beiden Querschnitten (P — C) berechnet (Δ)	D — Δ
Dritte Torpedo, 29 cm lang, getödtet am 13. XII. 83.	L	IV	0·00529	0·00284	—	—	—
		III	0·00658	0·00400	—	—	—
		II	0·00724	0·00458	+0·00160	+0·00265	−0·00105
		I	0·00366	0·00185	+0·00194	+0·00181	+0·00013
	R	I	0·00699	0·00489	+0·00119	+0·00210	−0·00091
		II	0·00680	0·00583	+0·00105	+0·00097	+0·00008
Vierte Torpedo, 25 cm lang, getödtet am 28. XII. 83.		I	0·01123	0·00970	+0·00150	+0·00153	−0·00003
		II	0·00757	0·00577	+0·00187	+0·00180	+0·00007
		Trigeminuszweig.	0·00361	0·00301	+0·00195	+0·00060	+0·00135

nahmslos gab ich dies auf den ersten Blick nach dem im Nerven von Querschnitt zu Querschnitt aufsteigenden Strome richtig an. Auch zwischen symmetrischen, den Querschnitten nahen Längsschnittspunkten liess sich der aufsteigende Strom nachweisen. Es wird von Interesse sein, ihm am unversehrten Nerven nachzuforschen.

Das erste Mal, dass diese Thatsachen gesehen wurden, war der Zitterroche auf die oben S. 110 angegebene Art durch Ausstanzen der elektrischen Lappen getödtet worden, und da ich erst einige Zeit nachher zur Untersuchung der Nerven kam, war die Möglichkeit da, dass die geringere Negativität des centralen Querschnittes auf dem nach der Peripherie zu fortschreitenden Absterben der Nerven beruhe. Bei dem vierten Zitterrochen, dessen Nerven die Zahlen in den drei letzten wagerechten Reihen der Tabelle lieferten, beugte ich diesem Verdacht dadurch vor, dass ich, statt den Fisch zu enthirnen, mit dem oben S. 111 erwähnten Messer einen Sagittalschnitt in einiger Entfernung von den Kiemen, und unmittelbar darauf einen zweiten durch die Kiemen selber, der Schädelkapsel nahe, führte. Zwischen diesen beiden, fast gleichzeitigen Schnitten, lagen nunmehr die Nervenstücke, deren beide Querschnitte also gleich alt waren. Hier konnte von einem durch das Absterben bewirkten Unterschied nicht mehr die Rede sein, und doch war der elektromotorische Unterschied ebenso ausgesprochen wie gesetzmässig vorhanden. Auch zwischen den beiden Querschnitten eines aus dem Organ geschälten, vom Centrum so weit ent-

legenen Nervenzweiges, dass das örtliche Absterben ihn füglich noch nicht erreicht haben konnte, fand ich den aufsteigenden Strom.

Schon vor Jahren (1867) bin ich am Froschischiadicus einer ähnlichen Regel nachgegangen, doch gelangte ich zu keiner Entscheidung; die Mehrzahl meiner Versuche sprach dafür, dass hier der centrale Querschnitt der negativere, der Nerv von Querschnitt zu Querschnitt absteigend durchflossen sei.[1] Es versteht sich, dass jetzt diese Untersuchung an verschiedenen Nerven, sowohl centripetal wie centrifugal thätigen und gemischten, wieder aufzunehmen ist. Es wird sich bald herausstellen, worum es sich handele: ob um eine Eigenthümlichkeit der elektrischen Nerven, ob um ein mit deren centrifugaler Function zusammenhängendes Grundgesetz, oder endlich ob um einen allen Nerven gemeinsamen und nur in Ernährungsverhältnissen begründeten, mehr gleichgültigen Unterschied. Der Erfolg am gemischten Froschischiadicus scheint zu lehren, dass die Sache etwas mit der Function zu thun habe. Der letzte Versuch der Tabelle, an einem Trigeminuszweige, widerspricht dem nur scheinbar, sofern dieser Zweig, als secretorischer Nerv, auch als centrifugal thätig anzusehen sein möchte. Dagegen scheint dieser Versuch schon zu zeigen, dass die grössere Negativität des unteren Querschnittes nicht den elektrischen Nerven als solchen eigenthümlich sei, was auch wenig wahrscheinlich war.

Es fragt sich nun noch, welche Bewandtniss es mit der geringen elektromotorischen Kraft der elektrischen Zitterrochen-Nerven habe. Der Versuch am Trigeminuszweige scheint gleichfalls schon zu beweisen, dass ihnen diese Eigenthümlichkeit nicht wegen der elektrischen Function zukomme. Doch wäre es möglich, dass sie auf die elektrische Immunität der Zitterrochen und auf die von Boll nachgewiesene hohe Reizschwelle ihrer Muskelnerven[2] sich bezöge. Hier sind weitere Erfahrungen nöthig. Ein paar am Sehnerven des Karpfen und des Hechtes nebenher angestellte Versuche lieferten noch kein mittheilbares Ergebniss.

2. Negative Schwankung des Stromes der elektrischen Nerven des Zitterrochen bei der Thätigkeit.

Der oben in Hrn. Christiani's Versuchen mit II bezeichnete Nerv lag mit Längs- und Querschnitt auf und hielt den Faden auf 60^{sc}. Mittels des runden Compensators wurde der Faden auf Null zurückgeführt. Als nun Hr. Christiani den Nerven mittels des Schlitteninductoriums tetanisirte, erhielt er negative Schwankung im Betrage von 5^{sc}, also $^1/_{12}$ der ursprünglichen Stromstärke. In einem anderen Falle, wo der Nerv schon

[1] *Gesammelte Abhandlungen* u. s. w. Bd. II. S. 196. — *Dies Archiv.* 1880. S. 68. Anm.

[2] *Untersuchungen* u. s. w. S. 265.

zu Elektrotonusversuchen gedient hatte, betrug die compensirte Ablenkung 120, die Schwankung 90sc, also volle $^3/_4$ der Stromstärke; nach Durchschneiden und Wiederzusammenkleben des Nerven zwischen den beiden Elektrodenpaaren war jede Wirkung beim Tetanisiren verschwunden.

Ich machte einen ähnlichen Versuch an dem in der Tabelle mit R. I bezeichneten Nerven, und erhielt, bei 52sc Ablenkung, Helmholtz'scher Anordnung und

100mm Rollenabstand 0,
50 „ „ „ 2,
25 „ „ „ 5sc

negativen Ausschlages, also eine Schwankung von $^1/_{10}$. Mit einem in Seewasser getränkten Wollfaden statt des Nerven blieb jede Wirkung aus.

Soweit war Alles in Ordnung, aber sehr befremdlich ist, dass sowohl Hr. Christiani wie ich ausser der negativen Schwankung einen schnellen positiven Vorschlag, ich auch zweimal einen solchen Nachschlag (so zu sagen) erfolgen sahen. Diese positiven Zucke des Magnetspiegels können auf keinen Fehler der Versuchsanordnung (Stromschleifen, Fernwirkungen u. d. m.) geschoben werden, weil sie in einem Zeitabstand von einem halben Jahre zuerst von Hrn. Christiani, dann von mir an durchaus verschiedenen Vorrichtungen wahrgenommen wurden, und weil nach Durchschneiden des Nerven oder mit einem feuchten Wollfaden nichts davon erschien. Ob hier etwas den elektrischen Nerven Eigenthümliches vorliege, müssen weitere Versuche entscheiden. Wie dem auch sei, über der Beobachtung dieser unerwarteten Nebenwirkung und über dem Aufsuchen des vermeintlichen ihr zu Grunde liegenden Versuchsfehlers wurde eine Beobachtung versäumt, welche hier nachzuholen sein wird: nämlich die der Fortpflanzung der Schwankung nach beiden Richtungen in einem rein centrifugal wirkenden Nerven. Entsprechende Beobachtungen wurden bisher erst von mir an den Spinalnerven-Wurzeln vom Frosch gemacht.[1]

3. Elektrotonusströme an den elektrischen Nerven des Zitterrochen.

Auch bei Untersuchung der Elektrotonusströme an den elektrischen Nerven ist Prof. Christiani auf Unregelmässigkeiten gestossen, welche sich vorläufig keinem sicheren Gesetz unterordnen lassen, und der Aufklärung durch weitere Versuche bedürfen. Ich habe am vierten Nerven der rechten Seite des am 13. December geopferten Fisches, bei 10mm Länge der drei Strecken, mit einem bis fünf Grove im elektrotonisirenden Kreise, anelektrotonische und katelektrotonische Zuwachse regelmässig erfolgen sehen;

[1] *Untersuchungen über thierische Elektricität.* Bd. II. Abth. I. S. 589.

erstere bis zu einer gewissen Grenze steigend und erst dann allmählich abnehmend, letztere sogleich sinkend. Nach Durchschneiden und Wiederzusammenkleben des Nerven zwischen der erregten und der abgeleiteten Strecke blieben schwache zum Theil verkehrte Wirkungen übrig, welche auf die bei der Dicke des Nerven nicht ganz zu vermeidenden Stromschleifen zu deuten waren. Die absolute Grösse der beobachteten Zuwachse war so beträchtlich, dass 10000 Windungen erst in 50 mm Entfernung vom Spiegel passende Ablenkungen gaben; über ihre verhältnissmässige Grösse liess sich aus Mangel an einem Vergleichspunkte nicht urtheilen. Auch hier wurde leider versäumt, den Elektrotonus abwechselnd in centripetaler und in centrifugaler Richtung sich ausbreiten zu lassen. In Prof. Christiani's viel zahlreicheren Versuchen war dies der Fall; aber die erwähnten Unregelmässigkeiten stellten sich bei beiden Richtungen ein, und es bleibt wiederum nichts übrig, als sich bis zu neuen Versuchen zu gedulden.

Die Versuche über Polarisation des elektrischen Nerven sind noch nicht weit genug gediehen, um etwas Sicheres darüber mittheilen zu können. Die elektromotorische Kraft der Muskeln zu messen fand ich noch nicht Zeit. Hoffentlich bringt das Frühjahr in einer neuen Sendung Zitterrochen die Gelegenheit, auch die hier angebahnten Untersuchungen gemächlicher und gründlicher, als es im ersten Anlauf möglich war, weiterzuführen, sowie zeitmessende Versuche anzustellen.

Anhang.

In den folgenden Tabellen, welche nur einen Theil meiner Versuchsergebnisse enthalten, bedeutet die römische Zahl die Anzahl der Grove, *SZ* die Schliessungszeit, *OS* die Organstromkraft, *L* die Länge der Säulen des Organpraeparates, *P* (Periode) die Zeit zwischen je zwei aufeinanderfolgenden Versuchen. Das Zeichen || will sagen, dass der Versuch an demselben Praeparat unter den angegebenen neuen Bedingungen fortgesetzt wird. Die Ablenkungen an Bussole *(S)*, mit Ausnahme der in Reihe 25, wo dies keinen Sinn gehabt hätte, sind auf die Ablenkung reducirt, welche bei gleicher Stromstärke 5000 Windungen in 30 mm Abstand vom Magnetspiegel, sämmtliche Ablenkungen an Bussole *(P)* auf die, welche 50 Windungen in 20 mm Abstand hervorgebracht haben würden. Daher rühren die bei grösserer Stärke und Dauer der Ströme vorkommenden, weit über die Grenzen der Scale hinausgehenden grossen Zahlen (vergl. die Abhandlung über secundär-elektromotorische Erscheinungen u. s. w. *Sitzungsberichte* u. s. w. 1883. Bd. I. S. 356; — *dies Archiv*, 1884. S. 14). 500 + x steht, wie schon früher, für eine Ablenkung über die Grenzen der Scale hinaus, welche also nicht reducirt werden konnte; ein Strich in einem Felde zeigt an, dass aus irgend einem Grunde die Beobachtung verloren ging; wie denn auch *OS*, *L* und *P* nicht überall verzeichnet sind.

Die Ordnungszahlen der Zitterrochen (1 ., 2 ., . . . Torp.) entsprechen der Reihenfolge der Tage, an denen sie geopfert wurden: 13. und 27. Juni, 13. und 28. December 1883, 2. Februar 1884. Ihre Längen in derselben Reihenfolge waren 29, 36, 29, 25, 26 cm. — 'Frisch' bedeutet, dass der Versuch am gleichen Tage, 2 ., . . Tag, dass er erst an diesem Tage nach dem der Tödtung angestellt wurde.

1.

5. Torp. — 2. Tag. — OS noch positiv.

SZ 0″·0764

I	S	↓	−234	↑	+80; +10	↓	−4	↑	+3	↓	0	↑	0; 0;	‖
	P		4		9; 7·5		4·5		5		4·5		8; 8·5	
X		↑	+22	↓	−15	↑	+25	↓	−50	↑	−12	↓	−34	
			82		71		78		75		79		69	

Die Reihe zeigt, dass der homodrome Strom schon von Einem Grove absolut und relativ positive Polarisation zu erzeugen vermag, jedoch nur kurze Zeit lang, wonach ein stärkerer Strom noch wie gewöhnlich wirkt.

2.

Wie Reihe 1.

SZ 0″·0764

II	S	↑	+357	↓	−110	↑	+85	↓	−5	↑	+74	↓	−0·5	↑	+62	↓	0	‖	↓	−85
	P		7·5		7		8·5		8·5		8		7·5		7·5		8			—

Länger mit der Hand geschlossen.

Die Reihe scheint zu zeigen, dass bei kurzer Schliessung eines schwachen Stromes die relativ negative Polarisation bald so zurücktritt, dass fast nur noch homodrome, absolut und relativ positive Polarisation übrig bleibt.

3.

3. Torp. — 2. Tag. — OS 0·0129. — 2′-P.

SZ 0″.0063

V	S	↑	+500	↓	−350	↑	+190	↓	−118	↑	+160	↓	−179	
	P		+x											
			5·5		2·25		4·2		3·6		4·2		2·8	

Die Reihe lehrt, dass unter Umständen schon fünf Grove die positive und negative Polarisation sehr schön hervortreten lassen.

4.

2. Torp. — Frisch. — L 23 mm. — OS 0·0145. — 2′-P.

SZ 0″·0764

V	S	↑	+39	↓	−126	↑	—	↓	−122	↑	−3	↓	−70	↑	+28
	P										+15				
			29·5		23		28		24·5		28		24·5		28

Der trotz der scheinbar günstigeren Bedingungen minder günstige Erfolg rührt schwerlich von der über zehnmal grösseren Länge der Schliessungszeit her, sondern von den bisher jeder Beherrschung spottenden Unregelmässigkeiten dieser Versuche. Bemerkenswerth ist die doppelsinnige Wirkung beim dritten homodromen Stromstoss.

5.

4. Torp. — Frisch.

SZ 10″·580

V	S	↑ −200	−190	u. s. f.
	P	500 + x	485 bis 471 ↓	

Bei längerer Schliessungszeit erfolgt nur noch negative Polarisation. Der polarisirende Strom sinkt bei solcher Dauer, trotz der unpolarisirbaren Elektroden, um eine kleine Grösse.

6.

3. Torp. — 2. Tag. — $2^1/''_2$- P.

SZ 0″·0032 SZ 1″·024

X	S	−32	+19	−54	+40	−4	+39	−3	+35	−2	−113	−79	−94	u. s. f.
	P	8·2	8·2	6·6	8·2	6·6	6·6	6·6	11·5	6·6	301	318	318	

In dieser Reihe mit anfänglich möglichst kleiner Schliessungszeit zeigt sich wieder wie in Reihe 2 das Zurücktreten der negativen Polarisation, welche sofort allein das Feld behauptet, sobald die Schliessungszeit eine gewisse Grenze überschreitet. Auffallend, und an Aehnliches bei Zuckungsversuchen erinnernd, ist das Wachsen der Wirkungen während der ersten vier Stromwechsel.

7.

2. Torp. — Frisch. —L 25^{mm}. — OS 0.0079.

SZ 0″·0764

X	S	+38	−140	+55	−58	+45	−42	+44	−30
	P	68·9	42·7	68·9	58·8	62·4	57·3	62·4	59

Bei über fast 24 mal längerer, obschon noch immer kurzer Schliessungszeit macht sich die negative Polarisation doch schon stärker geltend als in voriger Reihe.

8.

3. Torp. — Frisch. — OS 0·0133. — 3′- P.

SZ 21″·78

X	S	−424	−260	−398	−270
	P	564 bis 515	589 bis 564	548 bis 484	573 bis 548

Diese Reihe zeigt die rein negative Polarisation bei längerer Schliessungszeit, und das Sinken des polarisirenden Stromes um einen erheblichen Bruchtheil.

9.

3. Torp. — 2. Tag. — OS 0·0044. — $1^1/_3$′- P.

SZ 0″·0032

XX	S	+31	−55	+57	−5·5; 6	+58	−3·5	44	−3	+50	−3·5	u. s. f.
	P	12	6	14	6·5; 6·5	12	6·5	12	6	8·5	6·5	

Derselbe Erfolg wie bei zehn Grove und gleicher Schliessungszeit (Reihe 6).

10.

2. Torp. — Frisch. — L 29 mm. — 2′-P.

SZ 0″·0764

XX	S ↑	+280	−45	+50	−45	+44	−34	+34	−57	+30	−52		
	P ↓	274	91	266	92	237	104	237	108	232	112		
				13	14	15	16	17	18				
	S ↑	+26	−42	+23	−37	−9	−37	−10	−34	−14	−33		
	P ↓	232	104	224	125	208	125	195	125	195	125		
										28	29	30	
	S ↑	−16	−30	−18·5	−28	−20	−31	−21	−30	−23	−29		
	P ↓	191	129	191	141	191	141	183	145	170	141		

In dieser Reihe, deren dreissig Stromwechsel bei der 2′-Per. eine Stunde dauerten, spricht sich am Vollständigsten das in Fig. 7 graphisch versinnlichte Gesetz aus. Vom 15. Wechsel ab deckt sich die Erscheinungsweise der Polarisationen mit der von Sachs am Zitteraal beschriebenen (s. oben S. 119 ff.).

11.

2. Torp. — 2. Tag. — OS 0·0045. — 2′-P.

SZ 0″·0764

XX	S ↑	+520	−140	−65	−95	+31							
	P ↓	−	72	154	77	147							

SZ 21″·78

	S ↑	−1509	−355	−1161	−606	−954	−632						
	P ↓	929 bis 864	1161 bis 1071	1161 bis 1079	1393 bis 1213	1316 bis 1218	1548 bis 1342						

Die Versuche mit kurzer Schliessungszeit, welche nur eine Wiederholung der vorigen Reihe sind, dienen zum Beweise, dass das Praeparat noch leistungsfähig war. Die Ablenkungen der Bussole *(P)* bei der längeren Schliessungszeit stimmen gut mit den in Reihe 8 mit nur zehn Grove bei gleicher Schliessungszeit erhaltenen. Ihre mit der Versuchsdauer wachsende Grösse rührt von Erwärmung des Praeparates her. Die Ablenkungen durch die negative Polarisation in dieser zweiten Hälfte der Reihe sind auffallend gross.

12.

1. Torp. — 2. Tag. — OS 0·0059. — $2^1/_2$′-P.

SZ 0″·0629

XXX	S ↓	−58	+99	−50	+50	−40	+28	−38	+12	−34			
	P ↓	239	260	256	267	260	260	260	256	253			

Fortan kehren im Wesentlichen dieselben Dinge wieder.

13.

2. Torp. — Frisch. — L 20 mm. — OS 0·0090. — 2′-P.

SZ 0″·0764

XXX	S ↓	−128	+80	−134	+130	−73	+49						
	P ↓	134	284	146	262	151	268						

14.

2. Torp. — 2. Tag. — L 17mm. — OS 0·0053. — 2′-P.

SZ 0″·319

XXX	S	−500−x	+110	−325	+56	−115	−10	−120	−37
	P	370	790	376	766	370	684	380	654

15.

2. Torp. — Frisch. — L 14mm.

		SZ 1″·024										SZ 5″·202		
XXX	S	+150*	−500−x	−145	−500−x	−190	‖	−500−x	−500−x
	P	1712	1012	1326	1012	1064	‖	—	5475

Hier bot sich die merkwürdige Erscheinung dar, dass die absolut und relativ positive Ablenkung (*) sich ganz langsam entwickelte, offenbar durch das entsprechende Sinken negativer Polarisation, welches aber in diesem Falle nicht schnell genug geschah, um Gelegenheit zu doppelsinniger Ablenkung zu geben.

16.

1. Torp. — Frisch. — L 12mm. — $3^1/_3$′-P.

SZ 5″·202

XXX	−2288	−3840	−2247	−2105
	2886	3105	3461	2434

17.

1. Torp. — 3. Tag. — L 15mm. — OS? — 2′-P.

SZ 0″·0629

XXX	S	−87	−84	−90	−89
	P	513	513	544	560

Das abgestorbene Organ giebt keine positive Polarisation mehr.

18.

1. Torp. — Frisch, aber abgebrüht. — $2^1/_2$′-P.

SZ 5″·202

XXX	S	−30	−21	−21	−13
	P	8773	9830	11204	—

Durch die Siedhitze ist die negative Polarisation so gut wie vernichtet, dagegen der Widerstand des Praeparates vermindert, wenn auch wohl nicht im Verhältnisse wie es sich aus dem Vergleich mit Reihe 16 zu ergeben scheint (s. oben S. 130).

19.

1. Torp. — Frisch. — L 27mm. — OS 0·0083. — $2^1/_2$′-P.

SZ 0″·0629

L	S	+163	−184	+45	−163	−20; +16;	−41; +11	−135	−49; +2	−135
	P	543	390	465	407	457;	457	394	390	407

Die Reihe interessirt durch das Vorkommen doppelsinniger Wirkungen.

20.

1. Torp. — Frisch. — L 27^{mm}. — OS 0·0105. — $2^1/_2{}'$-P.

SZ 0″·0629

L S	↑ +756	↓ −470	↑ +387	↓ −384	↑ +153	↓ −322	↑ +88	↓ −337	↑ +20
L P	548	332	527	382	631	390	519	448	423

Nächst der gewaltigen positiven Anfangswirkung interessirt hier das Verhältniss zwischen homo- und heterodromer Stromstärke im primären Kreise (s. oben S. 123. 124.).

21.

Bei L und 21″·8 Schliessungszeit wurde die Scale durch die negative Polarisation in beiden Richtungen aus dem Felde geschleutert. Es verlohnte sich nicht hier noch grössere Zahlen als in Reihe 16 zu verzeichnen.

22.

5. Torp. — 2. Tag. — OS 0·0022.

Polarisation bei quergerichtetem polarisirendem Strom.

	SZ 0·0764					SZ 1″·024			
XX S	−85	−20	−10	+25	−60	−35	−54	−38	−42
XX P	652	665	669	665	677	—	5465	5539	5560

Die grosse Stärke des polarisirenden Stromes rührt von der Kürze und dem grossen Querschnitt der ihm bei quergelagertem Praeparat dargebotenen Bahn her. In querer Richtung scheint (abgesehen von der unverständlichen Wirkung im 4. Versuch) keine positive, nur schwache negative Polarisation stattzufinden.

23.

5. Torp. — 2. Tag. — OS 0·0030.

Polarisation bei querer Ableitung.

SZ 0″·0764

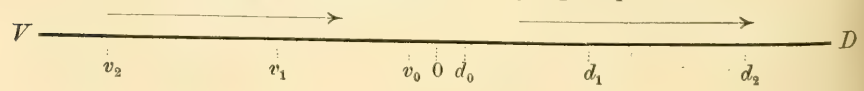
XX S	↑ *r* +190	↓ *s* −140		Quer	↑ *r* 32	↓ *s* 17	↑ 0	↓ 0
XX P	134	75		abgeleitet	116	79	116	113

r und *s* bedeuten 'roth' und 'schwarz', die Farben der beiden Hälften der Scale, also die Seite, nach welcher der Spiegel abgelenkt wurde. Man sieht, dass bei querer Ableitung fast jede Wirkung ausbleibt.

24.

5. Torp. — Frisch. —

Nachweis der säulenartigen Anordnung der elektromotorischen Kräfte im polarisirten Organpraeparat.



VD stellt das als linearer Leiter schematisirte, von *V* zu *D* durch den Schlag, den Organstrom und den homodromen Strom durchflossene Praeparat vor. Beruhen die positive und negative homodrome und die negative heterodrome Polarisation auf säulenartiger Anordnung elektromotorischer Kräfte, so muss in allen Fällen zwischen beliebigen zwei Punkten der Strecke *VD* die Polarisation in gleichem Sinne, bei gleichem Abstand der ableitenden Spitzen in gleicher, bei grösserem Abstand und hinreichendem ausserwesentlichen Widerstande in grösserer Stärke erscheinen. $VD = L$ betrug 22 mm, $v_2 v_2$ 18 mm, $v_0 d_0$ 1.5 mm, $0 v_2 = 0 d_2$ 9 mm, $v_1 d_1$ ungefähr ebensoviel. Um die Angaben nicht zu verwirren ist die in jeder Theilstrecke beobachtete, stets positive Organstromkraft fortgelassen.

A. Homodromer Strom, absolut und relativ positive Polarisation.

		SZ 0″·0764					SZ 0″0764					
		$v_2 d_2$	$v_0 d_0$	$v_2 d_2$	$v_0 d_0$	Neues	$v_1 d_1$	$v_0 d_0$	$v_1 v_2$	$d_1 d_2$	$v_1 v_2$	$v_2 d_2$
XX	S ↑	+205	+20	+146	+6	Praeparat	+500+x	+148	+170	+31;+12	?	+20
	P	171	163	159	159		213	180	167	159;163	147	134

B. Homodromer Strom, absolut und relativ negative Polarisation.

		SZ 1″·024						
		$v_0 d_0$	$v_1 d_1$	$v_2 d_2$	$0 v_2$	$0 d_2$	$v_0 d_0$	$v_2 d_2$
XX	S	−64	−125	−160	−117	−121	−45	−145
	P ↓	703	703	715	707	711	715	707

C. Heterodromer Strom, relativ negative, absolut positive Polarisation.

		SZ 0″·0764							SZ 1″·024			
		$v_0 d_0$	$v_2 d_2$	$0 v_2$	$0 d_2$	$v_0 d_0$	$v_2 d_2$	Neues	$v_0 d_0$	$v_2 d_2$	$0 d_2$	$v_2 d_2$
XX	S	−10	−105	−30	−45	−10	−47		−78	−215	−70	−250
	P ↓	71	75	75	79	79	75	Praeparat	761	744	757	736

25.

5. Torp. — Frisch.

Der Kreis der Bussole *(S)* bildet eine Nebenschliessung zum Praeparate (s. Fig. 8 A u. B. S. 126 ff.).

		SZ 0″·0764								S2 1″·024			
XX	S	230 ↑	150	216 ↑	158	193 ↑	162	190		255 ↑	245	255 ↑	255
	P ↓	141	269 ↓	145	239 ↓	146	228 ↓	146		↓1162	1254 ↓	1179	1267

5000 Windungen in 21, in 36 cm Abstand vom Spiegel der Bussole *(S)*.

Das Verhalten der Lymphkörperchen zum Chinin.

Von

C. Binz.

(Aus dem pharmakologischen Institute zu Bonn.)

Die contractilen farblosen Lymphkörperchen haben in Folge der Untersuchungen des letzten Jahrzehntes eine erhöhte Bedeutung dadurch gewonnen, dass man die Organe, welche aus ihnen bestehen, als Brutstätten und Angriffspunkte schädlicher niedrigster Organismen kennen lernte. Aus diesem Grunde ist auch eine genaue Kenntniss ihres Verhaltens zu all' den chemischen Dingen von Wichtigkeit, welche wir als Arzneistoffe bei infectiösen Krankheiten dem Organismus einverleiben.

Im Jahre 1867 habe ich die erste Untersuchung darüber veröffentlicht[1] und sie in einer Reihe von Publicationen noch einige Zeit hindurch weiter geführt. Es folgten einige ungeschickte Wiederholungen meiner Versuche, aber eine grössere Zahl absoluter Bestätigungen derselben. In Folge der letzteren hoffte ich auf die Sache nicht mehr zurückkommen zu müssen, wurde aber leider eines anderen belehrt durch eine neueste Abhandlung von Hrn. Dogiel in Kasan.[2] Er sagt wörtlich Folgendes: „Erwägt man die Bedeutung der Bewegung und Formveränderung der Lymphkörperchen in der Physiologie und Pathologie, so wird man sich gewiss dafür interessiren, inwiefern diese Erscheinungen von verschiedenen Arzneimitteln und Giften beeinflusst werden können. In dieser Hinsicht liegt die Angabe von Binz vor, dass Chinin die Bewegung der farblosen

[1] *Archiv für mikroskopische Anatomie.* Bd. III. S. 383.
[2] *Dies Archiv.* 1884. S. 373.

Blutkörperchen vollkommen vernichte. Wenn das auch nicht ganz zutrifft, so hat Binz hierdurch doch den Anlass zur weiteren Bearbeitung dieser Frage gegeben."

Hr. Dogiel geht sodann auf die Versuche ein, welche sein Schüler Schtschepotjew über denselben Gegenstand schon vor mehreren Jahren veröffentlicht hat, und aus denen ebenfalls eine Einschränkung der von mir behaupteten Resultate sich ergeben soll.[1]

Auf die damaligen Ausführungen Dogiel's, bez. seines Schülers, habe ich nichts erwidert, weil das Unrichtige in ihnen litterarisch und experimentell sich von Jedem mit beiden Händen greifen lässt, welcher der Sache nur einigermaassen gefolgt ist. Mittlerweile hat Dogiel eine zweite[2] und dritte[3] Arbeit von mir nachuntersucht; und da er ohne die geringste Veranlassung meinerseits auch jetzt wieder mir nachgeht wie mein Schatten, da ich ferner jene Angriffe auf meine Arbeiten zurückgewiesen habe, so möge es mir gestattet sein, das auch diesmal in kürzester Weise zu thun. Es soll nicht durch mein fortgesetztes Stillschweigen die Meinung entstehen, als stimmte ich meinem Kritiker im Stillen zu.

Ich habe niemals behauptet, man könne durch Chinin in nicht tödtlicher innerer Dosis die Bewegung der farblosen Blutkörperchen vollkommen vernichten; ich habe in Bezug auf diesen Punkt nur behauptet, dass man durch Chinin, ohne die Thätigkeit des Herzens erkennbar zu schwächen, die Auswanderung der farblosen Blutkörperchen deutlich sichtbar einschränken könne und zwar durch Herabsetzung ihrer Lebensenergie[4] innerhalb des ungestörten Kreislaufes. Dafür liegt eine ganze Reihe Bestätigungen vor, von denen ich nur die von G. Kerner[5] und von Appert aus Arnold's pathologischem Institut in Heidelberg[6] hier citire. Es ist also schon allein litterarisch unrichtig, wenn Dogiel sagt, meine Angaben seien nicht ganz zutreffend und ich hätte nur den Anstoss zur weiteren Bearbeitung dieser Frage gegeben. Nachdem mir persönlich fern stehende Beobachter meine Resultate in allen Theilen und ausführlich bestätigt haben, und nachdem es mir mit Leichtigkeit möglich war, wiederholt die Fehlerquellen der angeblichen Nichtbestätigungen nachzuweisen:[7] muss ich alles,

[1] Pflüger's *Archiv* u. s. w. Bd. XIX. S. 53.

[2] Ueber den Arsenik. Vgl. *Archiv für experimentelle Pathologie und Pharmakologie.* 1881. Bd. XIV. S. 352.

[3] Ueber Ozon. Vgl. *Berliner klinische Wochenschrift.* 1884. Nr. 40.

[4] Ueber die Activität dieses Vorganges vgl. die neueste, schöne Arbeit: Lavdowski, *Archiv für pathologische Anatomie.* 1884. Bd. XCVII. S. 177.

[5] Pflüger's *Archiv* u. s. w. Bd. III. S. 93. Bd. V. S. 27. Bd. VII. S. 122. Ich mache besonders auf die Zeichnung auf Tafel II in Bd. III aufmerksam.

[6] Virchow's *Archiv* u. s. w. Bd. LXXI. S. 364.

[7] Z. B. *Archiv für experimentelle Pathologie und Pharmakologie.* Bd. VII. S. 273.

was weiter Gegensätzliches noch gekommen ist, auf oberflächliches Lesen meiner Arbeiten und auf unkundiges, wenig sorgsames u. s. w. Experimentiren zurückführen. Dogiel giebt, ebenso wie bei seiner Einsprache in der Angelegenheit des Ozons, die Grundlage meiner Behauptungen vollkommen zu. Wenn er es vermag, im Wiederholen der weitergehenden, allerdings etwas schwierigen Ausführung sich genau an den von mir, Kerner und Arnold-Appert eingeschlagenen Weg zu halten,[1] so wird er auch die nämlichen Resultate sehen, wie wir.

Wer sich überhaupt für die Feststellung des unerwartet grossen Einflusses des Chinins auf gewisse Protoplasmen interessirt, den verweise ich ausserdem auf Ch. Darwin's[2] und C. Fr. W. Krukenberg's[3] Beobachtungen hierüber. Sie knüpfen an meine Untersuchungen an und erweitern das von mir Mitgetheilte.

Während des Corrigirens dieser kleinen Abhandlung kam mir das neueste Heft von Pflüger's *Archiv*, ausgegeben 30. Januar 1885, (Bd. 35) in die Hände. Es steht darin eine Arbeit von O. Loew, „über den verschiedenen Resistenzgrad im Protoplasma." Auf S. 514 derselben heisst es:

„Doch giebt es auch thierische Zellen, welche gegen sonst kräftig wirkende Alkaloide weniger empfindlich sind. Nach Engelmann[4] zeigen die Lymphzellen von Fröschen, welche durch subcutane Einspritzung von grossen Dosen Chinin sulf. getödtet wurden, noch nach Stunden lebhafte Bewegungen."

O. Loew hat in dieser und in der folgenden Abhandlung nirgendwo sich an die Quellen dessen gewendet, was über Chinin und Protoplasma von meiner ersten Arbeit darüber an,[5] niedergelegt ist. Zur Klarstellung der Sache selbst und der späteren Ansicht Engelmann's über sie erlaube ich mir einen von ihm an mich gerichteten Brief hier wörtlich wiederzugeben:

Utrecht, 21. Juni 1880.

Sehr verehrter Herr College!

„Gestatten Sie mir der Dissertation meines Schülers ten Bosch über Chinamin, die ich heute an Sie absandte, einige Worte hinzuzufügen. Wie Sie — falls das Holländische Sie nicht abschreckt — aus der Arbeit ersehen werden,

---

[1] Vgl. über diesen Punkt Scharrenbroich, *Archiv für experimentelle Pathologie und Pharmakologie.* Bd. XII. S. 33.

[2] *Insectivorous Plants.* London 1875. p. 201—203.

[3] *Vergleichend-physiologische Studien.* Heidelberg 1880. Bd. I. S. 8.

[4] Vgl. *Handbuch der Physiologie.* Bd. I. S. 364.

[5] C. Binz, Ueber die Wirkung antiseptischer Stoffe auf Infusorien von Pflanzenjauche. *Centralblatt für die medicinischen Wissenschaften.* 1867. S. 308.

habe ich mit ten Bosch vergleichende Versuche über die Wirkung des Chinamins und Chinins auf Elementarorganismen, speciell weisse Blutkörperchen, angestellt und dabei Gelegenheit gehabt, Ihre wichtigen Ergebnisse betreffs der ausserordentlich intensiven Wirkung des Chinins auf contractile Blutzellen zu bestätigen und die Ueberlegenheit dieses Stoffes auch gegenüber dem Chinamin — das rücksichtlich anderer Wirkungen das Chinin weit hinter sich lässt — zu constatiren. Es freut mich, auf diese Weise eine kleine Differenz wegräumen zu können, welche ich durch meine allzu skeptische Bemerkung in Hermann's *Handbuch* (Art. Protoplasmabewegung) veranlasst habe. Geschieht Ihnen ein Dienst damit, so will ich gern an irgend einem Orte, der Ihnen passend erscheint, eine Notiz zur Erledigung dieser Differenz — etwa im Anschluss an Dr. Scharrenbroich's Aufsatz „Einiges Alte vom Chinin" — publiciren. Vielleicht genügt es aber, wenn im Jahresbericht, gelegentlich der Besprechung von ten Bosch's Dissertation (die auch in den „Onderzoekingen" unseres physiologischen Laboratoriums dieser Tage erscheint), die Sache erwähnt wird. Selbstverständlich wird zu einer etwaigen zweiten Auflage des ersten Bandes von Hermann's *Handbuch* der das Chinin betreffende Passus abgeändert werden. Die Thatsache, auf welche sich meine skeptische Formulirung gründete, ist übrigens unzweifelhaft, nur kann sie keinen begründeten Einwurf gegen Ihre Angaben bilden."

In ausgezeichneter Hochachtung mit collegialischem Gruss

Ihr ganz ergebener

Th. W. Engelmann.

In der angezogenen Dissertation von ten Bosch heisst es S. 41 (in der genannten von Donders und Engelmann herausgegebenen Zetschrift 1880. V. S. 286):

„Het resultat van proef XIX is zoo sprekend mogelijk. Het blijkt dat de Chinine nog in een verdunning van 1:20000 duidelijk verlammend werkt, dus als vergif voor de witte bloedlichaampjes meer dan 6 maal sterker is dan Chinamine. De gevoeligheid der witte lichaampjes voor chinine schijnt dus volgens deze proef nog grooter dan zelfs de ontdekker dier werking, Binz, en zijne discipelen opgeven. Misschien is de omstandigheid van eenig gewicht, dat wij de chinine gebruikten in een indifferente keukenzoutsolutie opgelost. Ook schijnen Binz en zijne volgelingen meer de snelle ontwikkeling van hoogere graden van vergiftiging tot maatstaf te hebben genomen."

Ich darf hoffen, dass das alles in Verbindung mit dem vorher Beigebrachten Hrn. Dogiel und auch Hrn. Loew genügen wird; und die Lymphkörperchen mögen, was ihr Verhältniss zum Chinin angeht, endlich einmal zur wohlverdienten Ruhe gelangen.

Ueber die mikroskopischen Erscheinungen bei der Contraction des quergestreiften Muskels.

Von

Dr. R. Nikolaides,
Docenten der Physiologie.

(Aus dem physiologischen Laboratorium der Universität zu Athen.)

Die bei der Contraction des quergestreiften Muskels stattfindenden histologischen Veränderungen sind nicht mit hinreichender Sicherheit erforscht, ja man ist heutzutage nicht einmal darüber einig, ob die Sarcous éléments oder die isotrope Zwischensubstanz das wensentlich Contractile seien. Während Merkel[1] behauptet, dass die *Sarcous elements* sich bei der Contraction des Muskels in ihren Dimensionen gar nicht verändern, dass vielmehr eine Umordnung der anisotropen und isotropen Substanz stattfindet, welche mit Verdünnung der isotropen Querstreifen verbunden ist, führen Brücke,[2] Nasse,[3] Engelmann[4] die Verkürzung des Muskels einzig und allein auf eine Verkürzung und entsprechende Verbreitung der anisotropen Substanz zurück. Der letztere Forscher nimmt während der erwähnten Veränderungen der anisotropen Substanz auch eine Quellung derselben auf Kosten der isotropen Substanz an. Die beiden Stadien Merkel's, d. h. das Stadium der Auflösung und das der Umkehrung, die das Wesen der Muskelcontraction (nach Merkel) ausmachen, erklärt Engelmann bekanntlich nicht dadurch,

[1] Merkel, *Archiv für mikroskopische Anotomie.* 1872. Bd. VIII. S. 244, — 1881. Bd. XIX. S. 649.

[2] Brücke, Stricker's *Handbuch der Lehre von den Geweben.* S. 170; — *Vorlesungen über Physiologie.* 3. Aufl. S. 484.

[3] Nasse, *Archiv für die gesammte Physiologie.* 1878. Bd. XVII. S. 382; —*Zur Anatomie und Physiologie der quergestreiften Muskelsubstanz.* Leipzig 1882.

[4] Engelmann, *Archiv für die gesammte Physiologie.* 1873. Bd. VII. S. 33, 155; — 1875. Bd. XI. S. 432; — 1878. Bd. XVIII. S. 1.

dass die Querscheiben verschwinden, sondern dadurch, dass sie heller, die Nebenscheiben dunkler werden, so dass zu einer gewissen Zeit beide Schichten gleich hell erscheinen (Auflösungsstadium). Indem diese Veränderung der genannten Scheiben in gleichem Sinne fortschreitet, entsteht auf der Höhe der Contraction das Stadium der Umkehrung. Bei Untersuchung im polarisirten Lichte sieht man, dass die Querstreifung vollkommen bestehen bleibt und dass die Substanzen keineswegs ihre Stelle vertauschen.

Bei dieser Sachlage habe ich einige Studien an den Frosch- und Kaninchenmuskeln — bei denen am wenigsten gearbeitet ist — über die histologischen Veränderungen bei der Muskelcontraction gemacht. Die Resultate meiner Studien, die, wie mir scheint, Etwas zu der wichtigen Frage über das Wesen der Muskelcontraction beitragen, werde ich in Folgendem in Kürze mittheilen. Ich beginne mit einer Schilderung der anatomisch unterscheidbaren Theile im ruhenden Muskel und gehe sodann zu dem contrahirten Muskel über, indem ich dabei die von Merkel für die im Muskelelemente existirenden Streifen angenommenen Ausdrücke beibehalte.

Der ruhende Muskel.

Ohne eine gewisse Dehnung des Muskels kann man nur den dunklen und hellen Streifen d. h. die anisotrope und isotrope Substanz wahrnehmen. Wenn man aber den M. sartorius des Frosches z. B. etwas dehnt, den Dehnungszustand fixirt und nachher aus dem so gedehnten Muskel Praeparate macht, so sieht man ausserdem in der Mitte des hellen Bandes die Zwischenscheibe, die das Muskelelement begrenzt. Sie ist feinkörnig und läuft durch die ganze Dicke der Fibrille hindurch. Bei gekreuzten Nicols sieht sie hell aus, sie ist also anisotrop. Von anderen Differenzirungen in der Zwischenscheibe habe ich mich nicht überzeugen können. Wohl weiss ich, dass Merkel in der Zwischenscheibe zwei Schlussplatten und eine verbindende Kittsubstanz unterscheidet. In der That ist nicht zu verkennen, dass man mitunter an den Grenzen der Zwischenscheibe nach oben und unten eine ganz scharfe Contour unterscheiden kann. Ist man aber berechtigt, diese Erscheinung als eine membranöse Begrenzung zu deuten? Bekommt man nicht bei vielen anderen Gebilden, bei welchen auf das Allersicherste bewiesen ist, dass sie keine Membran besitzen, eine ganz ähnliche Erscheinung zu Gesicht? Erklärt sich nicht diese Erscheinung durch das verschiedene Lichtbrechungsvermögen? Die Zwischenscheibe also, die wenigstens in den Frosch- und Kaninchenmuskeln keine weiteren Schichten zeigt und die man bei einer gewissen Dehnung des Muskels immer zu Gesicht bekommt, kann als einer der wesentlichsten Theile des Muskels betrachtet werden.

Nicht so verhält es sich mit den Nebenscheiben. Diese Streifen bekommt man nicht immer zu Gesicht und es fragt sich, ob sie in den Fällen, in denen man sie sieht, als präexistirende Linien zwischen Zwischenscheibe und Querscheibe oder, wie Merkel meint, als von der Querscheibe abgerissene Theile aufzufassen sind. Zu bemerken ist, dass ich die Nebenscheiben nur bei sehr starker Dehnung des Muskels zu Gesicht bekommen habe. Es wäre denn wohl möglich, dass bei einer so starken Dehnung des Muskels ein Theil der Querscheibe sich abreisst und in der flüssigen isotropen Substanz suspendirt sich erhält. Zu dieser Anslcht neige ich aus folgenden Gründen, erstens, dass die Nebenscheiben nicht verschieden von der doppeltbrechenden Substanz der Querscheiben sind, und zweitens, dass mir unbegreiflich ist, dass in der flüssigen intropen Substanz weitere Differencirungen vorhanden sein könnten; denn dass die isotrope Substanz flüssig ist, das wissen wir schon längst aus directen Beobachtungen, nämlich aus den Beobachtungen Kühne's,[1] der in der genannten Substanz eine lebende Nematode, den Myoryctes Weissmanni, schwimmen gesehen hatte, und aus den ähnlichen Beobachtungen Eberth's.[2]

Wie man die Nebenscheiben nur bei sehr starker Dehnung des Muskels zu Gesicht bekommt, so auch die Mittelscheibe. Letztere ist breiter als die Zwischenscheibe. Die Mittelscheibe habe ich niemals in Form einer dunklen und scharf begrenzten Linie, sondern immer in Form eines etwas helleren Bandes inmitten der Querscheibe ohne scharfe Grenzen zu den beiden ober- und unterhalb derselben liegenden Hälften der Querscheibe gesehen. Bei gekreuzten Nicols finde ich die Mittelscheibe fast ebenso hell wie die beiden Hälften der Querscheibe. Es sind also beide anisotrop. Für mich sind die constantesten und wesentlichen Streifen des Muskelelementes die Zwischenscheibe und die Querscheibe. Von der Nebenscheibe und Mittelscheibe dagegen, da ich die erstere nicht immer zu Gesicht bekommen und die zweite ohne scharfe Grenzen gesehen habe, kann ich nicht sagen, ob sie zu den wesentlichen Streifen des Muskels gehören oder nicht.

Der contrahirte Muskel.

Um die mikroskopischen Erscheinungen bei der Contraction des Muskels zu studiren und um die Rolle zu eruiren, die jeder der genannten Streifen bei derselben spielt, machte ich zwei Versuchsreihen, und zwar bewirkte ich in der ersten Reihe durch den Inductionsstrom eine starke Contraction des

[1] Kühne, *Archiv für pathologische Anatomie.* 1863. Bd. XXVI. S. 222.
[2] *Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie.* 1863. Bd. XII. S. 530.

Muskels, gewöhnlich des M. sartorius des Frosches, fixirte den Contractionszustand des Muskels in den geeigneten Flüssigkeiten und machte die Praeparate aus dem so fixirten Muskel. In der zweiten Reihe der Versuche reizte ich den Muskel, verhinderte aber das Zustandekommen der maximalen Contraction.

Von diesen beiden Versuchsreihen, und von den mikroskopischen Erscheinungen, die die so behandelten Muskeln darbieten, wird in den folgenden Zeilen die Rede sein.

a. Maximal tetanisch contrahirter Muskel. Um den Muskel in diese maximal tetanische Contraction zu bringen und in diesem Zustande zu fixiren, benutzte ich zwei Methoden. Entweder praeparirte ich den Muskel frei, reizte ihn durch den Inductionsstrom eines Inductoriums von du Bois-Reymond und goss, während noch der Strom durch den Muskel lief, absoluten Alkohol auf ihn und fixirte so den Contractionszustand, oder ich benutzte die Ranvier'sche Methode,[1] d. h. ich tetanisirte und injicirte gleichzeitig durch Einstich eine zweiprocentige Osmiumsäurelösung in den Muskel.

Aus dem so gehärteten Muskel machte ich Praeparate in Terpenthinöl, die in Canadabalsam eingeschlossen wurden. Untersucht man nun diese Praeparate im gewöhnlichen Lichte, so sieht man nah an der Stelle der Zwischenscheibe einen feinen dunklen Streifen, die Contractionsscheibe Nasse's[2] und zwischen je zwei solchen Streifen einen beträchtlich grösseren und etwas helleren Streifen. Der letztere Streifen ist etwas über das Niveau der Faser erhaben und wegen dieses Verhaltens desselben bekommt die ganze Faser ein wellenartiges Aussehen, wie es Fig. 4 sehr deutlich zeigt. Entsprechend den grösseren und dickeren Streifen ist das Sarkolemma stark vorgewölbt, wie es die Figg. 3 und 4 am deutlichsten versinnlichen. Die Vorwölbung des Sarkolemmas bei der stark contrahirten Faser ist meines Wissens bis jetzt nur von Engelmann beobachtet. Wegen dieser Vorwölbung erscheint das Sarkolemma gekerbt. Die Einkerbung entspricht immer den feinen dunklen Streifen. Die letzteren können mitunter, besonders bei sehr stark contrahirten Muskeln, verdeckt werden, dann sieht die ganze Faser fast homogen aus.

So erscheint die maximal contrahirte Muskelfaser im gewöhnlichen Lichte. Im polarisirten Lichte sehen die beiden oben genannten Streifen, d. h. der schmale dunkle und der minder dunkle aber grössere Streifen hell aus, beide sind also anisotrop. Die grösseren Streifen des contrahirten Muskels entsprechen ganz gewiss den Querscheiben des ruhenden Muskels,

---

[1] Ranvier, *Traité d'histologie technique.* p. 492.

[2] O. Nasse, a. a. O. S. 73.

sie sind aber, wie mir scheint, weniger anisotrop als die Querscheiben des ruhenden Muskels.

Weder im gewöhnlichen noch im polarisirten Lichte habe ich mit Bestimmtheit in der Mitte des grösseren Streifens, d. h. der Querscheibe, einen Streifen erkennen können, der der Mittelscheibe des ruhenden Muskels entsprechen könnte. Im gewöhnlichen Lichte sieht die Querscheibe der contrahirten Faser gleichmässig dunkel, im polarisirten Lichte gleichmässig hell aus. Ganz verschwunden sind auch die Nebenscheiben, die ich ja, wie gesagt, auch im ruhenden Muskel nicht immer zu Gesicht bekommen habe.

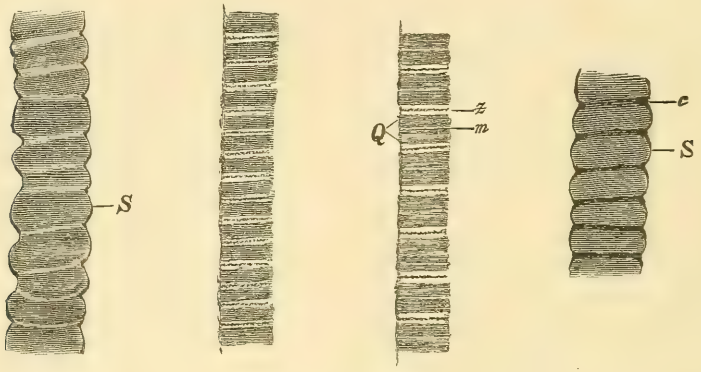


Fig. 4. Fig. 2. Fig. 1. Fig. 3.

Die vier Figuren sind mit Leitz, Immersion 1/15 und Ocular Nr. 13, gezeichnet. Von den beigesetzten Buchstaben bedeutet Z = Zwischenscheibe, Q = Querscheibe, m = Mittelscheibe, S = das von der Querscheibe stark vorgewölbte Sarkolemma.

Fig. 1. Rana esculenta. Gedehnte Muskelfaser. Mit Ausnahme der Nebenscheiben sind alle anderen Scheiben des Muskelelementes sehr deutlich sichtbar.

Fig. 2. Dasselbe. Die Mittelscheibe ist hier nicht sichtbar.

Fig. 3. Contrahirte Muskelfaser, darin c die Contractionsscheibe (Nasse), s das stark vorgewölbte Sarkolemma.

Fig. 4. Dasselbe im polarisirten Lichte. Entsprechend der Contractionsscheibe sieht man einen hellen Streifen, die Querscheibe ist etwas grau gezeichnet, um zu zeigen, dass sie im contrahirten Muskel weniger anisotrop als im ruhenden ist.

Was nun den dunklen und schmalen Streifen, der an der Grenze der Querscheibe liegt, anbelangt, so sieht er, wie gesagt, hell aus im polarisirten Lichte, ist also anisotrop. Der Lage nach ist er gewiss die allerdings etwas veränderte Zwischenscheibe des ruhenden Muskels. Die Veränderung besteht darin, dass sie etwas dicker ist und nicht mehr körnig, wie die Zwischenscheibe des ruhenden Muskels. Woher diese Veränderung herrührt, ist schwer zu eruiren. Merkel erklärt die Verdickung der Zwischenscheibe bei der contrahirten Faser durch die Annahme einer Ueber-

wanderung von Substanz aus der Querscheibe, Nasse dagegen glaubt, dass es sich dabei um eine Ausscheidung aus der isotropen Substanz handelt.

Wenn ich nun die oben beschriebenen mikroskopischen Erscheinungen der contrahirten Faser mit denen der ruhigen Faser vergleiche, so finde ich, dass die Zwischenscheibe, wenn auch etwas verändert, geblieben ist, dass die Querscheibe viel dicker und breiter und dass sie bei der stark contrahirten Faser das Sarkolemma stark vorwölbt. Die isotrope Substanz ist dagegen vollständig verschwunden.

Um nun zu erfahren, wie sich die Querscheibe und die isotrope Substanz bei einem Muskel verhält, der gereizt ist, aber an seiner Contraction verhindert ist, habe ich eine zweite Reihe von Versuchen gemacht, von welchen gleich die Rede sein wird.

b. Gereizter, aber an dem Zustandekommen seiner maximalen Contraction gehinderter Muskel. Bei einem eben getödteten kräftigen Frosche nahm ich fast alle Muskeln des Oberschenkels weg und liess nur den M. sartorius mit seinen Ansätzen intact. Ein Assistent fasste an der Wirbelsäule und am Unterschenkel das Froschpraeparat, während ich den Muskel reizte und gleichzeitig nach der Ranvier'schen Methode eine zweiprocentige Osmiumsäurelösung in den Muskel injicirte.

Praeparate nun aus dem so behandelten Muskel zeigen, dass die Querscheibe sich etwas über das Niveau der Muskelfaser erhebt, also etwas convex ist und an ihrem Rande zeigt sich jetzt eine schwache Andeutung davon, dass sie das Sarkolemma etwas vorwölbt. Die isotrope Substanz ist aber jetzt sichtbar.

Wenn ich nun diese Thatsachen, die die Muskelfaser in den beiden Versuchsreihen darbietet, zusammenfasste, so finde ich, dass die Querscheibe am activsten während der Contraction der Faser sich verhält. Sie wird, um ihre Erscheinungen zu wiederholen, bei der stark contrahirten Faser beträchtlich breiter, so dass sie an ihrem Rande das Sarkolemma stark vorwölbt, sie ist auch etwas über das Niveau der Faser erhaben. Alle diese Veränderungen der Querscheibe bei der Contraction des Muskels erinnern an die Erscheinungen, die eine Amöbe oder irgend ein contractiles Gebilde darbieten, wenn sie von dem elektrischen Strome getroffen werden, sie streben nämlich eine Kugelform anzunehmen. Die Vergleichung ist um so treffender, als Engelmann[1] die sehr wichtige Entdeckung gemacht hat, dass alle contractilen Gebilde ebenso wie die Querscheibe doppeltbrechend sind, oder doppeltbrechende Körper enthalten. Die isotrope Substanz, die bei der starken Contraction verschwindet, dringt jedenfalls in die anisotrope Substanz d. h. in die Querscheibe ein. Nur durch diese Annahme erklärt

[1] Engelmann, *Archiv für die gesammte Physiologie.* 1875. Bd. XI. S. 432.

sich die Verdickung und nach den Seiten starke Vorwölbung des Sarkolemma's.

Die Erscheinungen bei der Contraction zerfallen also für mich in zwei Acte. Zuerst wird die Querscheibe, die das wesentliche Element ist, breiter und kürzer und zugleich etwas convex. Wie gesagt, diese Erscheinung der Querscheibe bei der Contraction erinnert an die Erscheinungen in Erregung versetzter contractiler Gebilde, die dann die Neigung haben, eine kugelförmige Gestalt anzunehmen. Durch die Verkürzung der Querscheiben nähern sich sodann die letzteren und bei der starken Contraction während dieser Annäherung der Querscheiben der Muskelelemente dringt im zweiten Acte rein mechanisch die flüssige isotrope Substanz in die anisotrope ein und bewirkt dadurch deren Verdickung und die an ihrem Bande starke Vorwölbung des Sarkolemma's. Die Frage ist nur, welcher Umstand die rasche Rückkehr zum ursprünglichen Zustande bewirkt. Eine Antwort auf diese wichtige Frage lässt sich vor der Hand nicht geben. Dazu müssen wir alle contractilen Gebilde im Zusammenhang und gleichzeitig mit dem quergestreiften Muskel viel näher studiren, als es bis jetzt geschehen ist.

Was schliesslich die Zwischen- und Mittelscheibe anbelangt, so kommt ihnen bei der Contraction nur eine passive Rolle zu. Sie sind die festen Punkte, um denen die beschriebenen Erscheinungen vor sich gehen.

Zur Beurtheilung der sogenannten Praevalenz-Hypothese Stricker's.

Brief an den Herausgeber

von

Prof. **Ernst von Fleischl**
in Wien.

Wien, 13. December 1884.

— Vor ungefähr zwei Jahren hatten Sie die besondere Güte, einen Aufsatz von mir, „Das Zuckungsgesetz" in Ihr Archiv aufzunehmen,[1] obwohl die ganze „nervenphysiologische" Theorie, welche in meinem Beitrage bekämpft wurde, so von physikalischen und physiologischen Ungeheuerlichkeiten strotzt, und ein so unentwirrbares Gewebe von Widersprüchen ist, dass ich mich nicht hätte wundern dürfen, wenn Sie die ausführliche Widerlegung einer derartigen, vorübergehenden Störung der Arbeit ernsten Forschens als überflüssig bezeichnet, und aus diesem Grunde meine Kritik nicht aufgenommen hätten.

Meine Kritik hat — wie kaum anders zu erwarten — den Erfinder der „Praevalenz-Hypothese" durchaus nicht überzeugt; ich sage: dies sei nicht anders zu erwarten gewesen, weil eben die Kenntniss eines so mächtigen Wissensgebietes, wie die Physik, nur von den Elementen an erstrebt, und durch die Lectüre einiger berichtender Blätter weder erworben noch ersetzt werden kann. Nun setzt aber der Erfinder und einzige Vertreter der „Praevalenz-Hypothese" nicht etwa im Stillen seine Pflege dessen, was er für Nerven-Physik hält, fort, sondern er verbreitet seinen Widerspruch gegen das, was wir unter diesem Namen verstehen, sowie gegen unsere physikalischen Voraussetzungen und unsere Experimentirmethoden, dem Vernehmen nach, jährlich unter einer sehr beträchtlichen Anzahl junger Leute, wozu ihm seine Stellung die Mittel, und seine

[1] *Dies Archiv.* 1882. S. 1—24.

Ueberzeugung den Muth giebt — so dass schon heute sehr viele Aerzte als wissenschaftliche Basis für die Verwendung der Elektricität als Heilmittel eine solche Summe falscher Lehrsätze und falscher Vorstellungen haben, dass es vielleicht der Mühe werth scheinen möchte, dagegen zu protestiren, dass die Physiologie hierfür im mindesten verantwortlich sei.

Unter diesen Umständen musste ich mir die Frage vorlegen, ob es nothwendig, oder auch nur erspriesslich sei, einem solchen Proteste die Gestalt einer ausführlichen Widerlegung zu geben, oder ob nicht die flüchtige Erwähnung des folgenden Punktes hinreiche, um die Physiologie und die Physiologen vor jedem billigen Richter der Pflicht zu entheben, sich mit der „Praevalenz-Hypothese" und den einzelnen Blüthen, die sie treibt, irgend weiter zu beschäftigen.

In der, der wissenschaftlichen Vertheidigung gegen die von mir geübte Kritik, gewidmeten Schrift,[1] sagt der Autor, der trotz meiner Warnung die einzelnen Ausdrücke der so reichen Nomenclatur der Elektricität untereinander und mit dem Ausdrucke „Strom" fortwährend verwechselt, ja sogar von der Spannung eines Stromes spricht, mit welcher dieser in einen Leiter einbricht, und glaubt, diese Spannung sei an jedem Punkte des Leiters eine andere, nämlich die, die dem Punkte zukommt, wenn der Strom schon besteht; welcher ferner auf die in der Kritik gegen ihn vorgeführten Argumente und Experimente mit den seichtesten Ausflüchten und einem ganz räthselhaften Gemenge von Gefällen, Spannungen, Strömen, negativen Spannungen, negativen Strömen und negativen Polen, die ausschliessliche Nervenreize sind, dann von Strömen, die mit positiven, und von Strömen, die mit negativen Spannungen in einen Leiter einbrechen, antwortet; und Versuche, deren Nachahmung ihm nicht gelingt, als nur wegen der Ungeschicklichkeit des Anderen, diesem gelingend betrachtet: dieser Autor sagt an einer Stelle seiner Schrift, die gegen die übliche Lehre von der Vertheilung der Spannungen im Schliessungsbogen ankämpft:

> „So viel ich aus der Literatur entnehme, stellt man sich gemeinhin vor, dass der elektrische Strom durch den Leiter hindurch von einem Pol zum anderen geht, und man kann sich den Strom auch nicht anders vorstellen. Wenn aber die Spannung je eines Stromes schon in der Mitte des Leiters Null würde, nimmer könnte er über die Mitte hinaus sich ergiessen. Wo einmal Spannung Null ist, dort kann nichts weiter strömen. Es scheint mir daher eine nothwendige Forderung zu sein, dass die Spannung sowohl des negativen wie des positiven Stromes erst am gegenseitigen Pole, respective an der Elektricitätsquelle Null werde."

Wie er sich das Durchströmen der Elektricität durch die Punkte, an denen nach ihm die Spannung Null herrscht, vorstellt, oder ob er — man muss auf Alles gefasst sein — glaubt, dass hier wirklich der Strom aufhört, und in der Elektricitätsquelle selbst keiner fliesst — hierüber äussert sich leider der Autor nicht, sondern er versichert nur (in lückenlosem Anschlusse an obiges Citat): „Und wenn sich an diese Forderung Consequenzen knüpfen, die wir nicht verstehen, so ist sie darum nicht minder nothwendig."

Solcher Sätze sind sehr viele in dieser Schrift, nur dass der Autor meistens Dinge, die er nicht versteht, nicht für „nothwendig", sondern für überflüssig und falsch hält.

---

[1] Stricker, *Neuro-elektrische Studien.* Wien 1883.

Dieser Sorte von Physik und Logik gegenüber wird wohl nur der Gedanke an die Gefahr, welche dem Ansehen einer Wissenschaft aus solcher Mitarbeiterschaft erwächst, den nöthigen Ernst wiederherstellen — aber ich hoffe, Sie werden mir beipflichten, wenn ich meine, man dürfe diese Gefahr nicht noch vergrössern, durch irgend eine Form ausführlicher Berücksichtigung solcher Leistungen; sondern müsse im Gegentheile den Autor in seinen Bestrebungen, baldiger Vergessenheit anheimzufallen, auf jede Weise unterstützen.

Genehmigen Sie u. s. w.

Verhandlungen der physiologischen Gesellschaft zu Berlin.

Jahrgang 1883—84.

II. Sitzung am 14. November 1884.[1]

Hr. Arthur König (a. G.) sprach „Ueber Farbensehen und Farbenblindheit.

Der Vortragende gab eine zusammenfassende Darstellung der bisher zum Theil von ihm allein, zum anderen Theil in Gemeinschaft mit Hrn. C. Dieterici ausgeführten Untersuchungen auf dem Gebiete der normalen und anormalen Farbenempfindungen. Hier soll nur ein kurzer Ueberblick über den Inhalt des Vortrages gegeben werden:

Den Ausgangspunkt meiner physiologisch-optischen Untersuchungen bildete die Beschäftigung mit dem von Hrn. v. Helmholtz construirten Leukoskope. Das Princip, auf dem die Theorie dieses Instrumentes beruht, lässt sich in folgender Weise darstellen. Wenn man einen polarisirten Strahl weissen, d. h. alle Wellenlängen enthaltenden Lichtes durch eine Quarzplatte und darauf durch ein Nicol'sches Prisma gehen lässt, so erscheint er im Allgemeinen nicht mehr weiss, sondern farbig, und seine Farbe ist sowohl abhängig von der Dicke jener Quarzplatte als auch von dem Winkel, den die Polarisationsebene des ursprünglichen Strahles mit der Polarisationsebene des Nicol'schen Prisma's bildet. Sind zwei solche Winkel um 90^0 verschieden, die Quarzplatten aber gleich dick, was z. B. der Fall ist, wenn zwei senkrecht zu einander polarisirte weisse Strahlen durch dieselbe Quarzplatte und darauf durch dasselbe Nicol'sche Prisma gehen, so erscheinen sie complementär gefärbt.

Eine spectroskopische Zerlegung eines solchen Strahles liefert uns ein Spectrum, welches von dunklen Bändern durchzogen ist, die zwischen sich, allmählich darin übergehend, Streifen von unverminderter Helligkeit einschliessen. Bei der spectroskopischen Zerlegung eines complementär gefärbten Strahles zeigt sich, dass hier im Spectrum die Intensitätsmaxima liegen, wo sich dort die Minima befinden, und umgekehrt. Die Zahl dieser dunklen Streifen wächst mit zunehmender Dicke der Quarzplatte und sie werden alle durch Drehen des Nicol'schen Prisma's seitlich verschoben.

---

[1] Ausgegeben am 23. Januar 1885.

Ermöglicht man nun auch noch eine Aenderung des Intensitätsverhältnisses zwischen den beiden ursprünglichen senkrecht zu einander polarisirten Strahlen, so hat man drei Variable, über die man beliebig verfügen kann, und da das normale Farbensystem ein System dreifacher Mannigfaltigkeit ist, so sollte man glauben, jede beliebige Nuancirung der aus jenem optischen Systeme austretenden Strahlen nunmehr erzielen, u. a. auch den Fall realisiren zu können, dass beide austretende Strahlen weiss erscheinen und die gleiche Intensität besitzen, indem in dem einen Gelb und Blau, in dem anderen Roth, Grün und Violett ausgelöscht ist. Die Erfahrung hat nun aber gelehrt, dass dieses im Allgemeinen nicht möglich ist, d. h. dass eine noch unbekannte Beziehung zwischen den drei scheinbar unabhängigen Variablen bestehen muss.

Nicht minder unerklärlich waren die Einstellungen, welche sogenannte „Rothblinde" und „Grünblinde" mit dem Leukoskop machten. Sie können nämlich bei jeder 2 mm übersteigenden Quarzdicke und bei gleicher Intensität der zwei senkrecht zu einander polarisirten Lichtstrahlen dem Nicol'schen Prisma eine solche Stellung geben, dass ihnen die beiden austretenden Strahlen weiss erscheinen und gleiche Intensität besitzen. Das eine zweifache Mannigfaltigkeit repräsentirende Farbensystem dieser Individuen musste theoretisch das Vorhandensein von zwei Variablen zur Einstellung auf Gleichheit erfordern. Die erwähnte Erfahrungsthatsache lehrt aber, dass hier nur eine Variable nothwendig ist.

Einstellungen von etwa 50 solcher farbenverwechselnden Individuen ergaben, dass man hier scharf zwei Gruppen unterscheiden konnte. Die Individuen der einen Gruppe machten solche Einstellungen, wo für uns das Roth unzweifelhaft heller war, als das damit für gleichfarbig erklärte Grün, die Individuen der anderen Gruppe erklärten ein dunkles Roth für gleichfarbig mit einem helleren Grün. Eine solche scharfe Trennung in zwei Klassen ist nun auf Grund anderer Untersuchungsmethoden vielfach behauptet, aber auch wiederum geleugnet worden. Hält man die Berechtigung zu einer solchen Trennung für erwiesen, so könnte man die erste Gruppe auf Grund der Young-Helmholtz'schen Farbentheorie für „rothblind" die zweite für „grünblind" erklären und bei ihnen das Fehlen der einen oder der anderen Grundempfindungen vermuthen.

Es erschien mir nun in höchstem Grade wünschenswerth, an einem Theile der von mir mit dem Leukoskope untersuchten Personen auch andere Untersuchungsmethoden anzuwenden und zu sehen, ob hier eine eventuelle Theilung in zwei Gruppen mit der oben erwähnten zusammenfallen würde.

Proben mit Pigmentfarben oder farbigen Schatten waren natürlich hierzu viel zu ungenau, und es blieb somit nur die Bestimmung der Spectrumsgrenzen und des „neutralen Punktes im Spectrum". Wenige Versuche lehrten mich, dass die erste Methode nicht in Betracht kommen konnte. Die Angaben hängen so sehr von der Intensität der benutzten Lichtquelle, von dem Adaptationszustand der Netzhaut an die gerade vorhandene Intensität, von der Intelligenz des Untersuchten u. s. w. ab, dass auf diesem Wege sicherlich keine Resultate zu gewinnen waren, die man als die Grundlage zu weiteren Schlussfolgerungen verwenden durfte. Ich benutzte daher die zweite Methode, mit der es mir gelang unter Anwendung des von Maxwell zuerst vorgeschlagenen Verfahrens zur Herstellung eines homogen gefärbten Feldes sehr genaue Bestimmungen über die Wellenlänge des „neutralen Punktes" an 13 „Rothgrünverwechslern" zu machen. Unter dem „neutralen Punkte" versteht man be-

kanntlich denjenigen Punkt im Spectrum, der den untersuchten Individuen, je nach der Intensität grau bez. weiss erscheint. Die Genauigkeit der Messungen ermöglichte es mir auch die von Hrn. Preyer zuerst aufgefundene Abhängigkeit der Wellenlänge des „neutralen Punktes" von der Intensität des Spectrums messend zu verfolgen.

In der nachstehenden Tabelle gebe ich die Wellenlänge λn (in Milliontel Millimeter) für den „neutralen Punkt" von 13 „Rothgrünverwechslern" bei einer für alle Untersuchten gleichen Intensität und füge zugleich den aus 8 Einzeleinstellungen sich ergebenden wahrscheinlichen Fehler hinzu.

		λn
1)	Hr. Dr. W.	$491{\cdot}70 \pm 0{\cdot}09$
2)	„ Dr. K.	$492{\cdot}04 \pm 0{\cdot}09$
3)	„ Dr. B.	$492{\cdot}25 \pm 0{\cdot}19$
4)	„ Dr. S.	$493{\cdot}08 \pm 0{\cdot}13$
5)	„ Dr. C.	$493{\cdot}80 \pm 0{\cdot}36$
6)	„ Ln.	$495{\cdot}92 \pm 0{\cdot}36$
7)	„ Dr. F.	$496{\cdot}01 \pm 0{\cdot}23$
8)	„ Le.	$496{\cdot}08 \pm 0{\cdot}40$
9)	„ Schw.	$497{\cdot}37 \pm 0{\cdot}48$
	. . . .	$497{\cdot}68 \pm 0{\cdot}34$[1]
10)	„ R. H.	$497{\cdot}66 \pm 0{\cdot}14$
11)	„ E. W.	$499{\cdot}44 \pm 0{\cdot}20$
12)	„ W. H.	$499{\cdot}71 \pm 0{\cdot}16$
13)	„ I. P.	$504{\cdot}75 \pm 0{\cdot}15$

Hierin sind die Individuen nach zunehmender Wellenlänge ihres neutralen Punktes geordnet, und ich erwähne nun, dass 1), 3), 4), 5), 9) und 10) „Rothblinde", die übrigen „Grünblinde" waren. Es geht daraus hervor, dass eine scharfe Trennung dieser beiden Klassen aus der Lage des neutralen Punktes nicht zu folgern ist, vielmehr das Gegentheil. Eine Lösung dieses Widerspruches wird sich erst ergeben, wenn es gelungen sein wird, bei einer grossen Anzahl Rothgrünverwechsler beider Klassen die Intensitätscurve für die Grundempfindungen (nach Young-Helmholtz'scher Theorie) genau zu bestimmen.

Die überraschend grosse Sicherheit, welche sich in den eben besprochenen Versuchen bei der Einstellung auf den neutralen Punkt zeigten, veranlasste mich nun der Frage näher zu treten, ob die Sicherheit, mit der normale, d. h. mit einem trichromatischen Farbensystem begabte Augen die Gleichfarbigkeit zweier homogen gefärbter Felder zu beurtheilen im Stande sind, von derselben Grössenordnung sei.

Ueber diesen Gegenstand lagen zwar schon einzelne Messungen von den Hrn. Mandelstamm, Dobrowolsky, und Peirce vor, aber die Untersuchungsmethoden liessen doch Manches zu wünschen übrig. Daher unternahm ich es gemeinsam mit Hrn. C. Dieterici die vorliegende Frage einer nochmaligen genauen Prüfung zu unterziehen, in der (sich nachher auch bestätigenden) Hoffnung, dass wir beide, obgleich nach genau derselben Methode arbeitend,

[1] Mehrere Tage später als die erste Messung gemacht.

doch zu verschiedenen Resultaten gelangen würden, was dann einen Nachweis dafür gab, dass auch innerhalb der trichromatischen Farbensysteme nicht geringe individuelle Verschiedenheiten vorhanden sind.

Wir bestimmten die Empfindlichkeit gegen Wellenlängenunterschiede für zwei verschiedene Intensitäten durch den mittleren (aus 50 Einstellungen gewonnenen) Fehler einer Einstellung auf Nuancengleichheit zweier homogen gefärbten Felder. Die Resultate sind in folgender Tabelle angegeben, welche sowohl die Wellenlängen als auch die mittleren Fehler in Milliontel Millimeter angiebt.

Wellenlänge	Mittlerer Fehler einer Einstellung für beide Intensitäten.	
	K	D
640	1·28	1·82
630	1·05	1·47
620	0·68	1·00
610	0·56	0·78
600	0·36	0·48
590	0·26	0·40
580	0·27	0·36
570	0·29	0·31
560	0·40	0·32
550	0·65	0·51
540	0·68	0·64
530	0·65	0·62
520	0·59	0·51

	Für hohe Intensität.		Für geringe Intensität.	
	K	D	K	D
510	0·51	0·38	0·40	0·38
500	0·41	0·29	0·23	0·28
490	0·36	0·25	0·16	0·23
480	0·33	0·23	0·28	0·26
470	0·43	0·38	0·46	0·41
460	0·54	0·53	0·54	0·57
450	0·82	0·57	0·44	0·40
440	0·62	0·50	0·68	0·45
430	0·69	0·56	1·08	0·56

Die Ergebnisse lassen sich in Folgendem zusammenfassen.

1) Die Empfindlichkeit ist für eine grössere Wellenlänge als 510 Milliontel Millimeter unabhängig von der Intensität.

2) Das Maximum der Empfindlichkeit im Gelben liegt für beide Beobachter an verschiedenen Stellen des Spectrums.

3) Die beiden anderen Maxima (im Blaugrünen und am Uebergang von Indigo in Violett) liegen bei derselben Intensität für beide Beobachter an derselben Stelle.

4) Sie wandern aber (ebenso wie der ungefähr in der Gegend des ersten dieser beiden Maxima liegende neutrale Punkt der Rothgrünverwechsler) mit steigender Intensität nach dem violetten Ende des Spectrums hin.

Hinsichtlich der Einzelheiten sowohl der im Vorstehenden erwähnten Untersuchungsmethoden wie der erlangten Resultate verweise ich auf die speciellen Abhandlungen. Dieselben finden sich:

Wiedemann's *Annalen.* Bd. 17. S. 990. 1882. Bd. 22. S. 567 u. 579. 1884.
Gräfe's *Archiv.* Bd. 30. Abth. 2. S. 155 u. 171. 1884.
Verhandlungen der physikalischen Gesellschaft zu Berlin. Jahrgang 1882. No. 2 u. 12. Jahrgang 1883. No. 4, 14 u. 16. Jahrgang 1884. 3, 4 u. 11.
Zeitschrift für Instrumentenkunde. Bd. 3. S. 20. 1883.
Hirschberg's *Centralblatt für praktische Augenheilkunde.* Jahrgang 1884. Decemberheft.

V. Sitzung am 16. Januar 1885.

1. Hr. Hans Virchow sprach: „Ueber den Bau der Zonula und des Petit'schen Kanales.

Der Glaskörper ist gegen den Petit'schen Raum durch eine Haut abgeschlossen. (Das Genauere über diese Bildung lässt sich am besten in Verbindung mit dem Glaskörper besprechen. Es handelt sich allerdings nicht um eine einfache Haut, sondern um ein eigenthümliches dichtes Gewebe, welches jedoch immerhin den Namen einer Haut zu tragen verdient). Der Petit'sche Raum ist mit Fasern, der sogenannten Zonula, erfüllt, und gegen die hintere Augenkammer nicht durch eine Haut abgeschlossen. Zwischen dieser Fasermasse und der Oberfläche des Glaskörpers ist ein Spalt, allerdings grösstentheils nur ideeller Natur, vorhanden. Die beiden sich widersprechenden in der Litteratur vorhandenen Anschauungen, nach deren einer der Petit'sche Raum von Fasern frei und die Zonula die vordere, durch eine Membran oder durch Fasern gebildete Wand dieses Kanales, nach deren anderer der Petit'sche Raum von Fasern durchsetzt ist, erklären sich aus der Verschiedenheit des Untersuchungsverfahrens. Die erste Anschauung wird nämlich gewonnen, wenn man durch Entfernung der Iris und der Ciliarfortsätze die Zonula von vorn her frei legt und Luft oder Flüssigkeit hinter dieselbe treibt; die andere, wenn man radiäre Schnitte anfertigt. Im ersten Falle wird der hinter der Zonula gelegene Spalt ausgedehnt und bietet das zwar sehr sinnfällige aber auch sehr unnatürliche Bild eines weiten Kanales, im anderen Falle erhält man von dem Spalt gar keine oder doch nur eine sehr wenig auffallende Ansicht, erblickt dagegen die Fasermasse in ihrer ganzen Dicke. Das Verhältniss kann noch eindringlicher vorgestellt werden, wenn man sich einen Augenblick auf den Standpunkt Hannover's stellt: Dieser zeichnete von den Spitzen der Falten je eine Membran an die vordere und an die hintere Fläche der Linse, welche zwischen sich einen Raum fassten (den von der Fasermasse erfüllten Raum), welchen

Hannover für den Petit'schen Kanal nahm; ausserdem aber einen Spalt, der von der Glaskörperhaut hinten und von den Ciliarfortsätzen und der hinteren Wand des Petit'schen Raumes (im Sinne Hannover's) vorn begrenzt war. Den letzterwähnten Spalt nannte in der Folge Finkbeiner den Hannover'schen Kanal. Diese Anschauung hat insofern einen klärenden Werth, als in ihr zwei Räume vorhanden sind, von denen der eine mit dem Petit'schen Raume der Injectionen, der andere mit dem der radiären Schnitte annähernd identisch ist. Man kann sich leicht von dieser allerdings schematischen Hannover-Finkbeiner'schen Darstellung zu dem wahren Sachverhalt erheben, wenn man nur berücksichtigt, dass weder die Zonula gegen die hintere Augenkammer, noch der prävitreale resp. postzonale Spalt gegen die Zonula durch eine Membran abgeschlossen, und dass besonders an der hinteren Fläche die Begrenzung der Zonula keine scharfe ist, indem hier die Fasern lockerer liegen und dünner sind. Die dicksten Fasern findet man (wenigstens ist das bei der Ziege in ausgesprochenem Maasse der Fall) an der vorderen Seite, unmittelbar hinter den Falten in dichter Lage. Uebrigens muss ausdrücklich betont werden, dass zum Studium dieses Verhältnisses neben den radiären Schnitten auch Querschnitte durch die Zonula unerlässlich sind, denn auf den ersteren erscheinen diese Fasern unter dem Bilde eines homogenen Streifens, welcher ebensogut der Ausdruck einer quergeschnittenen Membran sein könnte, auf Querschnitten dagegen ist leicht festzustellen, dass es sich um Fasern handelt, die allerdings sehr dicht liegen, sich zum Theil berühren und gewiss auch mitunter verbunden sind. Die Fasern der Zonula werden sodann in der Nähe des Linsenaequators durch sehr reiche Theilung, die besonders beim Hunde überaus schön ist, ganz fein und ihre Anhäufung in demselben Maasse sehr dicht, so dass bei der Ziege unmittelbar an der Linse das Bild einer granulirten Substanz entsteht, in welcher die einzelnen Fasern nicht mehr zu erkennen sind. Die Fasern gehen nicht nur an die vordere und hintere Fläche der Linsenkapsel, sondern auch an den dazwischengelegenen Abschnitt, welcher dem Linsenaequator angehört, und heften sich hier unter zunehmenden Winkeln, in der Mitte rechtwinklig (Hund) an. Die Frage, ob die Fasern frei durch Flüssigkeit hindurchgespannt seien oder ob eine Kittsubstanz sie verbinde, konnte nicht sicher entschieden werden, indem die Bilder bald mehr für das eine, bald mehr für das andere sprachen. Verbindungen zwischen der Zonula und der Glaskörperoberfläche wurden in ausgesprochener, charakteristischer Form nur im Bereiche des Orbiculus ciliaris (Orang, Kaninchen) gefunden.

Hr. KOSSEL hielt den angekündigten Vortrag: „Ueber eine neue Base aus dem Thierkörper."

Der Vortragende fand in thierischen Geweben (Pankreas, Milz) und in der Hefe einen neuen Körper von basischen Eigenschaften auf, welcher durch seine Eigenschaften und seine Zusammensetzung zeigt, dass er dem Hypoxanthin, Xanthin und Guanin nahe verwandt ist. Dieser Körper erhielt den Namen Adenin. Er hat die Zusammensetzung: $C_5 H_5 N_5$. Das Adenin krystallisirt mit Krystallwasser aus der wässerigen und ammoniakalischen Lösung, die Krystalle verwittern an der Luft. Es bildet gut krystallisirende Salze mit Salzsäure, Salpetersäure, Schwefelsäure, von denen das letztere analysirt wurde. Die Analysen führten zur Formel: $(C_5 H_5 N_5)_2 H_2 SO_4 + 2 H_2 O$. Das Krystallwasser

geht bei 110° fort. Die ammoniakalische Lösung giebt mit Silbernitrat einen voluminösen Niederschlag, der sich in heisser Salpetersäure löst und beim Erkalten in krystallinischer Form wieder ausfällt. Mit Platinchlorid giebt das Adenin ein schwer lösliches, gut krystallisirendes Doppelsalz.

Die Base ist in kaltem Wasser schwer, in heissem leicht löslich; beim Erkalten krystallisirt sie aus. Sie ist in starkem Ammoniak löslich, in verdünntem unlöslich und wird durch verdünnte Ammoniakflüssigkeit aus ihrer Lösung gefällt. Die wässerige Lösung reagirt neutral. In Natronlauge ist das Adenin leicht löslich. Das salzsaure und salpetersaure Salz lösen sich ebenfalls leicht, das schwefelsaure ist schwerer löslich und kann deshalb zur Reinigung benutzt werden.

Beim langsamen Erhitzen bildet das Adenin ein krystallinisches Sublimat, welches durch ammoniakalische Silberlösung gallertig gefällt wird. Für die Darstellung wurde hauptsächlich der aus ammoniakalischer Lösung gewonnene Silberniederschlag benutzt, zur Trennung vom Hypoxanthin diente die Fällbarkeit durch verdünntes Ammoniak, zur Abscheidung des Guanins fractionirte Krystallisation aus salzsaurer Lösung.

Nachtrag zur Sitzung am 31. October v. J.

Hr. Ed. Aronsohn, Cand. med., hielt den von ihm und Hrn. Cand. med. J. Sachs, angekündigten Vortrag: „Ein Wärmecentrum im Grosshirn“ (mit Demonstration).

Verfassern ist es gelungen, durch eine grosse Anzahl von Versuchen an Kaninchen, Meerschweinchen und auch Hunden durch Einstich in das Grosshirn an einer genau fixirten Stelle, jedesmal ein sofortiges Ansteigen der Körpertemperatur und zwar gleichzeitig und gleichmässig im Rectum, den Muskeln und der Haut bis auf 42° C. zu constatiren, ohne dass die Thiere vor Abkühlung geschützt wurden. Diese hohe Temperatur, verbunden mit geringer Steigerung der Respirationsfrequenz (bei unverändertem Respirationstypus) und Verminderung der Chloride im Harn, dauerte ohne anderweitige Störungen im Gesundheitszustande des Thieres zwei bis drei Tage lang an und kehrte dann zur Norm zurück, um bei erneutem Einstiche wiederum jene Höhe zu erreichen und fast dieselbe Zeit anzudauern.

Die Einstichstelle liegt an der Vereinigungsstelle der Sutura sagittalis und coronaria, einige Millimeter rechts oder links vom Sinus longitudinalis. Der Einstich wird mit einer Nadel in senkrechter Richtung bis zur Basis cranii gemacht und die Nadel dann sofort wieder herausgezogen.

Nach dem Vortrag demonstrirten Verfasser erstens ein Kaninchen mit 41·7°C., welches noch an demselben Tage, und zweitens ein Kaninchen, welches vor drei Wochen in Gegenwart des Hrn. Prof. Kronecker operirt worden war, welches damals zwei Stunden nach der Operation eine Temperatur von 42° C. zeigte und jetzt noch gesund und wohlbehalten erschien.

Zur Kenntniss der sensiblen Nerven und der Reflexapparate des Rückenmarkes.

Von

K. Hällstén

in Helsingfors.

Schon vor Jahren unternahm ich einige Untersuchungen über Muskelreflexe, ursprünglich wegen einer Frage allgemeiner, principieller Art; später kehrte ich wiederholt zu demselben Gegenstande wegen einiger speciellen Fragen zurück. Die erste Detailfrage, über welche ich Klarheit zu erlangen wünschte, war die, ob die Erregbarkeit in einem sensiblen Nerven an verschiedenen Stellen verschieden ist. Die Untersuchungen wurden an einem Reflexpraeparate vom Frosch ausgeführt, welches aus den beiden Nn. ischiadici bestand, die einerseits mit dem Rückenmarke und andererseits mit wenigstens einem M. gastrocnemius in Verbindung standen. Etwas später kehrte ich zu demselben Praeparate zurück, um zu untersuchen ob sich sensible Nerven ebenso zum constanten Strome verhalten wie motorische; bei den hierhergehörenden Untersuchungen war es hauptsächlich auf zwei Umstände abgesehen, erstens ob sich elektrotonische Veränderungen der Erregbarkeit ebensowohl in sensiblen Nerven wie in den motorischen aufweisen lassen, und ferner ob Pflüger's Zuckungsgesetz sich auch bei Reizung sensibler Nerven nachweisen lässt. Die Untersuchungsresultate in Bezug auf die Erregbarkeit an verschiedenen Stellen desselben sensiblen Nerven und in Bezug auf die elektrotonischen Erregbarkeitsveränderungen in sensiblen Nerven sind früher mitgetheilt worden;[1] die Untersuchungen in Bezug auf Pflüger's Zuckungsgesetz werden hier unten referirt werden. Später kehrte ich nochmals zu demselben Praeparate zurück wegen Untersuchungen über den Einfluss des Querschnittes auf die

[1] *Dies Archiv.* 1880. S. 112—114.

Erregbarkeit sensibler Nerven, sowie über die Dauer des Reflexes, und vor Allem über mögliche qualitative Verschiedenheiten in den Erregungen, welche verschiedene Reize in demselben Nerven hervorrufen. In Verbindung mit diesen Fragen galt es noch die anatomischen Bahnen zu untersuchen, welche in dem benutzten Praeparate die Reflexe vom N. ischiadicus auf der einen Seite zum M. gastrocnemius auf der anderen vermitteln.

In der Mehrzahl der hierhergehörenden Untersuchungen musste die Reflexfähigkeit des Rückenmarkes vermehrt werden, damit sich die Erregung vom Nervenstamme durch die Reflexapparate des Rückenmarkes fortpflanze; zu diesem Zwecke wurden die Frösche, von denen die Praeparate bereitet wurden, mit Strychnin vergiftet, und zwar in den meisten Versuchen mit salpetersaurem, zuweilen auch mit essigsaurem Salze; die Vergiftung geschah vermittelst Einspritzung unter die Rückenhaut mit einer Pravaz'schen Spritze; übrigens wurde das Strychnin nur in kleinen Dosen angewendet, welche bei der Beschreibung der einzelnen Versuche näher angegeben sind. Zum ausschliesslichen Gebrauche von Strychnin bei diesen Untersuchungen, wurde ich durch unsere Kenntniss der Wirkung desselben auf diejenigen nervösen Apparate, welche die Reflexe vermitteln, veranlasst; schon vor Jahrzehnten hat nämlich Schiff[1] hervorgehoben, dass die Erregbarkeit der motorischen und sensiblen Nerven nicht durch Strychninvergiftung verändert wird; dasselbe ist auch nach Eckhard[2] in späterer Zeit durch Meihuizen an motorischen und durch Bernstein an sensiblen Nerven nachgewiesen worden; und schliesslich hat Rosenthal[3] gefunden, dass das Strychnin auch die Fortpflanzungsgeschwindigkeit in den peripherischen Nerven unverändert lässt. Es sind also nur die Reflexapparate im Rückenmark, dem verlängertem Mark u. s. w., welche bei der Strychninvergiftung verändert werden, aber nicht die peripherischen Nerven. Unter solchen Umständen scheinen Praeparate von strychnisirten Thieren zu Untersuchungen von sensiblen Nerven durch Muskelreflexe geeignet zu sein.

Das Praeparat, an welchem die Untersuchungen ausgeführt wurden, ward auf folgende Weise zubereitet: das Thier wurde geköpft; die vordere Brust- und Bauchwand nebst dem grössten Theil der Eingeweide wurden entfernt, und mit Hülfe einer Scheere und Pincette der Rest derselben, wie z. B. die Nieren, die Blase u. s. w., abgetrennt, so dass der Plexus ischiadicus beiderseits zum Vorschein kam; darauf wurde die Haut abgezogen, die Achillessehnen beiderseits freigemacht, die Unterschenkel mit

[1] J. M. Schiff, *Lehrbuch der Physiologie des Menschen.* Lahr 1858 — 1859. S. 195—196.

[2] C. Eckhard, in Hermann's *Handbuch der Physiologie.* 1870. Bd. II. Abth. 2. S. 40.

[3] C. Eckhard, a. a. O. S. 42.

Ausnahme der beiden Mm. gastrocnemii dicht unterhalb der Knice abgeschnitten, und die Nervenstämme in ihrem Verlaufe am Femur beiderseits blossgelegt. Dann wurde das eine Scheerenblatt zwischen die Pl. ischiadici und das Os coccygis geschoben, und abwärts bis gegen das Ende des Os coccygis herabgeführt, wodurch das untere Ende dieses Knochens vollkommen frei wurde; schliesslich wurde das obere Ende desselben dicht unterhalb des letzten Wirbels abgeschnitten. Es blieb übrig beide Nn. ischiadici bei ihrem Austritt aus der Beckenhöhle freizumachen, und das eine Os femoris nebst den daran befestigten Muskeln dicht oberhalb des Kniegelenkes abzuschneiden; das andere wurde gewöhnlich dicht unterhalb des Caput femoris abgeschnitten und von den daran befestigten Muskeln befreit, um das Praeparat auf gewöhnliche Weise im Myographion befestigen zu können. Die Präeparation und das Aufstellen des Praeparates im Myographion erfordert, wenn Alles vorher genügend vorbereitet ist, 5 bis 6 Minuten.

Bei Zubereitung von Reflexpraeparaten dieser Art ist noch eine Frage zu beantworten, — und zwar wie hoch die Wirbelsäule bez. das Rückenmark abzuschneiden ist; nach der Köpfung ist nämlich ein grösserer oder kleinerer Theil der Medulla oblongata im Praeparate zurückgeblieben, und durch Setschenow's bekannte Untersuchungen wissen wir, dass dieselbe einen wesentlichen Einfluss auf die Reflexe ausübt; die Erregung derselben hindert „nämlich die Entstehung der Reflexe, und die sensiblen Nerven bilden einen der physiologischen Wege für die Erregung dieser Hemmungsmechanismen".[1] Unter solchen Verhältnissen muss die Medulla oblongata vom Praeparate entfernt werden. Dies wird nun durch Abschneiden der Wirbelsäule nebst dem Rückenmark in der Höhe des dritten Wirbels oder des vorderen Lymphherzens, ein wenig nach unten vom N. brachialis erreicht; hierdurch ward das verlängerte Mark ganz und gar entfernt, während der Theil des Rückenmarkes, welcher — nach den übereinstimmenden Untersuchungen von Koschewnikoff sowie von Vanlair und Masius, von welchen Untersuchungen übrigens weiter unten Rede sein wird — die Reflexe nach den hinteren Extremitäten vermittelt, erhalten bleibt. —

Um in dem Folgenden von einfacheren zu complicirteren Verhältnissen fortzuschreiten, nehmen wir hier zunächst die Frage von den Muskelreflexen bei Anwendung des constanten Stromes auf. In diesem Artikel beabsichtigen wir jedoch nicht nur die Reizung sensibler Nerven vermittelst des constanten Stromes, sondern zugleich solche Umstände so untersuchen, die für den Gebrauch des betreffenden Praeparates bei physiologischen

[1] J. Setschenow, *Physiologische Studien über Hemmungsmechanismen.* Berlin 1869. S. 35.

Untersuchungen hinsichtlich der sensiblen Nerven und der Muskelreflexe überhaupt von Bedeutung sind, hierher gehört z. B. die Aufgabe festzustellen wie lange das Reflexpraeparat sich unverändert erhält, wie oft die Reizungen wiederholt werden können, wie genau die Reflexzuckungen von den Veränderungen des angewandten Reizes beeinflusst werden u. s. w. Danach untersuchen wir die Bahnen, welche die Reflexe zum M. gastrocnemius vermitteln, um womöglich auf diesem Wege die Untersuchungsmethode zu vereinfachen.

---

1. Reizung sensibler Nerven mittelst des constanten Stromes.

Zu dieser Ueberschrift mag gleich hinzugefügt werden, dass es sich hier nur um Reizung mittelst einfachen Schliessens und Oeffnens des Stromes, nicht aber mittelst Summirens handelt. Ferner müssen wir hier die Untersuchungen in zwei Gruppen trennen, je nachdem sie sich auf Praeparate von nicht-strychninisirten oder von Fröschen beziehen, deren Reflexthätigkeit mittels geeigneter Mittel (Strychnin) vermehrt worden ist.

A. Untersuchungen an Praeparaten von nicht strychninisirten Fröschen.

Meines Wissens sind vom N. ischiadicus des Frosches vermittelst des constanten Stromes erzeugte Muskelreflexe nicht Gegenstand von Untersuchungen gewesen seit dem Jahre 1868, wo Setschenow seine Abhandlung über elektrische Reizung der sensiblen Rückenmarksnerven des Frosches veröffentlichte.[1] Bei seinen Untersuchungen wurde das Praeparat folgendermaassen hergestellt: dem Frosche wurde nach Abtragung der Hemisphaeren (durch einen Schnitt in die Thalami optici), oder nach Köpfung desselben gleich unterhalb der Rautengrube, eine von den Femoralarterien möglichst hoch unterbunden, hierauf der N. ischiadicus herauspraeparirt und in der Kniekehle durchschnitten, endlich der Oberschenkel, mit Beibehaltung eines Hautlappens zur Bedeckung der Wunde nebst dem zusammengerollten Nerven, möglichst hoch amputirt."[2] Unter diesen Verhältnissen konnte Setschenow leicht Reflexzuckungen, unter anderen Stellen auch in der intacten hinteren Extremität hervorrufen, wenn er einen constanten Strom

[1] J. Setschenow, *Ueber die elektrische und chemische Reizung der sensiblen Rückenmarksnerven des Frosches.* Graz 1868.

[2] *Ebenda.* S. 6.

auf den blossgelegten Nerven einwirken liess.[1] An dem Reflexpraeparate dagegen, um welches es sich hier handelt, bewirkt der constante Strom keine „Reflexzuckungen in der anderen Extremität; nur in einzelnen Fällen, von denen gleich unten die Rede sein wird, haben wir Ausnahmen von dieser Regel beobachtet. In diesen Untersuchungen wurden 6 bis 8 bis 12 Daniell'sche Elemente säulenartig angeordnet, und selbst noch stärkere Ströme benutzt; der Strom wurde mittelst unpolarisirbarer Elektroden dem Nervenstrom zugeleitet. Das Ergebniss war dasselbe auch wenn das verlängerte Mark nicht entfernt war. Die Verschiedenheit in diesen Resultaten scheint nur darauf zu beruhen, dass die Blutcirculation in Setschenow's Praeparat fortbesteht, während sie in dem hier benutzten Praeparate ganz aufgehoben ist; in der That hat man sich ja schon lange gedacht, dass auch die nervösen Centralapparate der Blutzufuhr für ihre normale Thätigkeit bedürfen (vgl. z. B. Hermann's Physiologie vom Jahre 1870,[2] und Hermann's Handbuch der Physiologie).[3] Dieser Umstand beweist, dass zum Gebrauche des hier vorliegenden Praeparates das Reflexvermögen des Rückenmarkes durch geeignete Mittel vermehrt werden muss.

In dem hier benutzten Praeparate bewirkt der constante Strom also keine Muskelreflexe; aber von dieser Regel werden — wie schon oben erwähnt wurde — bisweilen Ausnahmen wahrgenommen. Meine Aufmerksamkeit wurde vor Jahren bei Studium des Elektrotonus in den sensiblen Nerven hierauf gerichtet; ich hielt die Frage damals nicht für einer näheren Untersuchung werth; und wenn ich später dieser Erscheinung nachgeforscht habe, ist es mir kaum gelungen dieselbe wiederzufinden. Von dieser Versuchsreihe habe ich zur Erinnerung aufgezeichnet, dass sich diese Reflexzuckungen hauptsächlich beim Schliessen des Stromes zeigen, dass dieselben von geringer Grösse sind, und sich nur unbedeutend mit der Stärke des Stromes verändern.

Ein Paar hierhergehörender Beobachtungen, die Versuche 1 und 2 unten, welche letztes Frühjahr gemacht wurden, stimmen nicht in allen Stücken mit diesen Resultaten überein, diese Beobachtungen wurden an zwei deutschen Fröschen (R. viridis) gemacht, von einer grossen Menge die einzigen zwei Exemplare, die den Winter über bis gegen Ende März in dem für dergleichen Versuchsthiere bestimmten Aufbewahrungszimmer des Laboratoriums am Leben blieben.

In der Beschreibung der Versuche, hier und in dem Folgenden, bezeichnen Dan. die Anzahl der angewendeten Daniell'schen Elemente, Pol. denjenigen Pol, welcher dem Rückgrat näher war, Schlz. Schliessungs-

[1] J. Setschenow, a. a. O. S. 8.

[2] L. Hermann, *Grundriss der Physiologie.* Berlin 1870. S. 410—411.

[3] A. a. O. Bd. II. Th. 1. S. 134 und Bd. IV. Th. 2. S. 273.

zuckung, Oeffnz. Oeffnungszuckung; die Grösse der Muskelzuckung ist in Millimetern angegeben, welche die Höhe des Hebelausschlages bezeichnen.

Versuch 1. Die eine Electrode war unterhalb der Mitte des N. ischiadicus angelegt, die andere in der Kniekehle; die Reizungen geschahen in Zwischenzeiten von einigen Secunden; ihre Reihenfolge deuten die einander folgenden horizontalen Linien an.

Dan.	Pol.	Schlz.	Oeffnz.
1	negat.	0	0
2	„	starke	0
2	posit.	schwache	0
3	„	0	0

Es traten also ausschliesslich Schliessungszuckungen ein.

Versuch 2. Die Anordnung und das Verfahren wie im vorhergehenden Versuch.

Dan.	Pol.	Schlz.	Oeffnz.
1	negat.	0	0
1	posit.	0	0
2	negat.	11·9	0
5	„	10·2	0

Nach einer Ruhe von einigen Minuten.

Dan.	Pol.	Schlz.	Oeffnz.
1	negat.	7·4	0
1	posit.	3·2	0
2	negat.	9·4	0
2	posit.	1·8	0
3	negat.	9·4	7·4
3	posit.	0	0
4	negat.	7·9	6·3
4	posit.	0	0
5	negat.	0	0.

Wieder also beinahe ausschliesslich Schliessungszuckungen, unabhängig von der Richtung des Stromes; die Grösse der Zuckung aber recht variirend.

Mehrere Versuche, welche im letzten Frühjahr an einheimischen Fröschen (R. temporaria) angestellt wurden, sowohl an kürzlich eingefangenen als an solchen die den Winter über im Aufbewahrungszimmer des Laboratoriums zugebracht hatten, haben die fragliche Erscheinung nicht hervortreten lassen. Auf Grund dieser Beobachtungen glaube ich, das die wenigen

Ausnahmefälle, wo der constante Strom Reflexzuckung durch Schliessen oder Oeffnen in dem betreffenden Praeparate hervorruft, auf irgend einem krankhaften Zustande in den Reflexapparaten der Versuchsthiere beruht.

B. Untersuchungen an Praeparaten von strychninisirten Fröschen.

Die Reactionen, welche sensible Nerven in Praeparaten von strychninisirten Fröschen bei Reizung mit dem constantem Strome zeigen, sind schon früher von Pflüger untersucht worden, und die Ergebnisse seiner Untersuchungen sind in zwei Abhandlungen, von denen die eine im Jahre 1860,[1] die andere 1865 herausgegeben wurde, dargelegt worden; nur von der ersten dieser Abhandlungen habe ich Gelegenheit gehabt Einsicht zu nehmen. In dieser hebt Pflüger hervor, dass dasselbe Zuckungsgesetz, welches er früher an motorischen Nerven nachgewiesen hat, auch für sensible Nerven gilt; die Untersuchungen wurden an R. esculenta nach vorhergehender Vergiftung mit Strychninnitrat in kleiner Dosis ausgeführt. Die Vergiftung geschah durch Bestreichen der blossgelegten Lunge mit einem Glasstabe, welcher in eine concentrirte Lösung des Salzes getaucht worden war; oder es wurde etwas von der Flüssigkeit in eine Wunde der Rückenhaut eingegossen. Die Untersuchung wurde übrigens an einem möglichst intacten Thiere ausgeführt; nur der Oberschenkel wurde auf der einen Seite entfernt, so dass der Unterschenkel nur durch den N. ischiadicus mit dem Körper in Verbindung stand; eine Blutung wurde aber verhindert, so dass die Blutcirculation möglichst erhalten blieb. Der Strom schliesslich wirkte auf den blossgelegten N. ischiadicus mittelst Zinnelektroden ein.[2] Es war also im Wesentlichen dieselbe Untersuchungsmethode, welche Setschenow später bei seinen oben erwähnten Untersuchungen anwendete. Es mag erwähnt werden, dass mir diese Arbeit von Pflüger erst bekannt wurde, nachdem ich mit den hier mitgetheilten Untersuchungen schon lange begonnen und Pflüger's Zuckungsgesetze für sensible Nerven an dem oben beschriebenen Reflexpraeparate bestätigt hatte.

Bei diesen und ähnlichen Untersuchungen an dem Reflexpraeparate, von dem hier die Rede ist, ist zunächst zu entscheiden mit welcher Dosis die Vergiftung am besten auszuführen ist und ferner, welches Vergiftungsstadium das geeignetste ist zur Verfertigung des Praeparates oder zur Ausführung der Versuche. In der oben erwähnten Arbeit Pflüger's ist, wie bereits angedeutet wurde, die Quantität des angewendeten Giftes nicht näher angegeben; von anderen Autoren, welche Strychnin bei pharmakodynamischen

---

[1] E. F. W. Pflüger, *Disquisitiones de sensu electrico.* Bonnae MDCCCLX.
[2] A. a. O. S. 6. 7 und 8.

oder physiologischen Untersuchungen angewendet haben, giebt Meihuizen[1] die angewendete Quantität zu $^1/_{30}$ oder $^1/_{60}$ mgrm an; nach Vergiftung mit diesen Quantitäten sah Meihuizen einige Minuten darnach die Vergiftungserscheinungen bei Berührung und leichter mechanischer Reizung hervortreten. Wundt hat, um leichter Reflexe hervorzurufen, nur $^1/_{500}$ bis $^1/_{250}$ mgrm[2] Strychninnitrat angewendet; Rosenthal hat dagegen bei seinen, im vergangenen Jahre mitgetheilten Untersuchungen über denselben Gegenstand $^1/_{20}$ bis $^1/_{10}$ mgrm[3] desselben Stoffes angewendet. Aus diesen Angaben erhält man also nur sehr geringen Anhalt zur Bestimmung über die Grösse der Dosis; zur näheren Feststellung desselben wurden daher zehn Frösche von ungefähr gleicher Grösse ausgewählt; es waren R. temporariae, die kurz zuvor hier gefangen worden waren, und die Versuche wurden im Monat Mai ausgeführt. Von diesen Thieren wurden zwei mit $^1/_{60}$ mgrm, zwei andere mit $^1/_{30}$ u. s. w. mit $^1/_{50}$, $^1/_{10}$ und $^1/_5$ mgrm Strychninnitrat vergiftet; die Vergiftung wurde — wie oben erwähnt — mittelst Einspritzung ausgeführt. An den zweien, welche mit $^1/_{60}$ mgrm vergiftet wurden, merkte man im Verlauf $1^1/_2$ Stunde kein anderes Vergiftungsphänomen, als dass die Extremitäten des einen bei Reizung schwach zusammenzuckten; zu solcher Reizung wurde hier und in dem Folgenden nur ein Schlag mit der Hand auf den Tisch angewendet, auf welchem das Thier in einer gläsernen Schüssel bewahrt wurde. Die Beobachtungen an diesen beiden Fröschen wurden nicht weiter auf die Dauer fortgesetzt; den folgenden Tag konnte nichts Abnormes an ihnen bemerkt werden. An den beiden wieder, welche mit $^1/_{50}$ mgrm vergiftet worden waren, wurde eine Stunde darnach keine andere Wirkung bemerkt, als dass der eine von ihnen auf den erwähnten Reiz hin mit den Extremitäten zuckte; aber nach einer Stunde und 5 Minuten bekam derselbe einen gelinden Krampfanfall; und nach einer Stunde und 10 Minuten bekam auch der andere einen ähnlichen Anfall. Bei denen, welche mit $^1/_{15}$ vergiftet worden waren, zeigten sich die ersten Vergiftungsphänomene nach resp. 20 und 25 Minuten in der Form von Zuckungen in den Extremitäten bei Reizung, und 30 Minuten nach der Vergiftung waren beide im Zustande eines lange anhaltenden Krampfes. Was die beiden Frösche anbelangt, welche mit $^1/_{10}$ mgrm vergiftet worden waren, so zeigten sich bei dem Einen schon nach 4 Minuten Zeichen von Vergiftung in der Form

---

[1] S. Meihuizen, Ueber den Einfluss einiger Substanzen auf die Reflexerregbarkeit des Rückenmarkes. Pflüger's *Archiv für die gesammte Physiologie.* 1873. Bd. VII. S. 213.

[2] W. Wundt, *Untersuchung zur Mechanik der Nerven und Nervencentra.* Stuttgart 1876. Abth. 2. S. 9.

[3] J. Rosenthal, Fortgesetzte Untersuchungen über Reflexe. *Sitzungsberichte der physikalisch-medicinischen Societät zu Erlangen.* Erlangen 1883. Heft 15. S. 32.

von Spreizung der Zehen der hinteren Extremitäten, so dass die Schwimmhaut ausgespannt war, ferner Zuckung in den Extremitäten bei Reizung und kurz darnach der erste Krampfanfall; der andere Frosch hatte dagegen erst nach 12 Minuten einen ähnlichen Krampfanfall. Von den letzten schliesslich, welche mit $^1/_5$ mgrm vergiftet wurden, zeigte der Eine schon nach drei Minuten einen kurzen Krampfanfall, während der Andere bei Reizung noch nicht reagirte; 8 Minuten nach der Vergiftung jedoch wurden beide durch Reizung in anhaltenden Krampf versetzt. — Es sind also nicht geringe Verschiedenheiten, welche Thiere von derselben Grösse und unter möglichst gleichen Verhältnissen zeigen, obgleich dieselben mit derselben Dosis vergiftet werden; es kann hinzugefügt werden, dass der Verlauf der Vergiftung auch nach der Jahreszeit variirt; im Winter ist eine grössere Dosis nothwendig als im Frühjahr, um die Vergiftungserscheinungen binnen derselben Zeit hervorzubringen; auch die Brunstzeit übt einigen Einfluss, insofern als die Vergiftungsphaenomene verzögert werden. Die Versuche zeigen zugleich — was übrigens schon zur Genüge bekannt ist — dass die Vergiftungsstadien, im Allgemeinen wenigstens, auf um so kürzere Zeiträume zusammengedrängt werden, je grösser die angewendete Dosis ist. Unter diesen Verhältnissen scheint es in der Natur der Sache zu liegen, dass für die hiesigen Zwecke die Dosis so gewählt werden muss, dass die die Vergiftung begleitenden Phaenomene successiv hervortreten; hierzu haben wir eine Zeit von 8 bis 10 bis 20 Minuten von dem Momente, wo die Vergiftung geschah bis zum ersten eintretenden Vergiftungsphaenomen nöthig gefunden. Das Hauptgewicht haben wir also nicht auf die Grösse per Dosis, sondern darauf gelegt, dass die Vergiftungssymptome successiv hervortreten; und diese successiven Vergiftungsphaenomene sind folgende: Zuckungen in den Extremitäten bei Reizung, danach Krampfanfall im ganzen Körper von kurzer Dauer, etwa einer Secunde, ferner ein mehrere Secunden anhaltender Krampfanfall, und schliesslich darauf folgende Ermattung, so dass das Thier nicht mehr bei Reizung reagirt. Es kann hinzugefügt werden, dass als erstes Vergiftungssymptom ohne vorhergehende Reizung oft Spreizung der Zehen der hinteren Extremitäten, so dass die Schwimmhaut ausgebreitet wird, hervortritt. In Uebereinstimmung mit diesen successiven Vergiftungserscheinungen reden wir im Folgenden von drei verschiedenen Stadien der Vergiftung; das früheste erstreckt sich bis zu dem Momente, wo Zuckungen in den Extremitäten hervorgerufen werden können; das zweite umfasst das Stadium des Krampfes, und das letzte das Stadium der Lähmung.

Die successiven Vergiftungserscheinungen, welche also durch eine passende Dosis hervorgebracht werden können, lassen darauf schliessen, dass die Reflexapparate — die einzigen nervösen Theile, auf welche, wie oben her-

vorgehoben, das Strychnin einwirkt — gradweise gewisse Veränderungen durchlaufen; wir haben daher herauszufinden gesucht, ob die Muskelreflexe in den verschiedenen Stadien Verschiedenheiten zeigen, und vor Allem welches Stadium für die Anwendung des Praeparates zu physiologischen Untersuchungen sensibler Nerven das geeignetste ist. Zu diesem Zwecke wird anfangs der constante Strom von verschiedener Stärke und Richtung als Reagens und die entstehende Reflexzuckung, resp. die Zuckungsgrösse als Kriterium angewendet; es ist natürlich, dass die Untersuchung sich nur auf die beiden ersten Stadien bezieht; das letzte, das Stadium der Lähmung, ist ohne Interesse für die Untersuchungen, mit welchen wir es hier zu thun haben. Für Beantwortung dieser Fragen suchten wir festzustellen, wie lange Zeit das betreffende Reflexpraeparat sich unverändert erhält, mit anderen Worten, wie lange die Praeparate bei wiederholter Reizung mit demselben Reize auf dieselbe Art reagiren, oder — um es kurz zu sagen — wir untersuchen die Dauerhaftigkeit der Praeparate. Ebenso untersuchen wir die Fähigkeit der Praeparate je nach Veränderung des Reizes durch Zuckung von verschiedener Grösse zu reagiren; diese Eigenschaft des Praeparates kann kurz als Empfindlichkeit desselben bezeichnet werden; man findet unmittelbar dass diese Frage von der Empfindlichkeit des Praeparates auch die Frage von dem sogenannten Zuckungsgesetz in sich einschliesst. — Durch Untersuchung der Dauerhaftigkeit und der Empfindlichkeit des Praeparates in den verschiedenen Vergiftungsstadien suchen wir also die oben gestellten Fragen zu beantworten. Von diesen beiden Fragen wird uns zunächst die von der Dauerhaftigkeit des Praeparates als die einfachere beschäftigen.

a. Die Dauerhaftigkeit des Praeparates.

Um die Dauerhaftigkeit des Praeparates zu untersuchen wurden mit demselben Reize Reflexzuckungen mehreremal nacheinander hervorgerufen; dadurch wird festgestellt wie lange Zeit die Reflexzuckungen dieselbe Grösse behalten. Bei Ausführung der Versuche wurde ein schwacher constanter Strom als Reiz angewendet, ferner wurde der negative Pol näher zum Rückgrat gestellt; und schliesslich durfte der Strom nur auf den unteren Theil des Nervenstammes einwirken. Es kann hinzugefügt werden, dass der zweite M. gastrocnemius in allen diesen Versuchen erhalten geblieben war. Der Strom wurde durch Quecksilberleitung vermittelst Hand geschlossen. Diese Anordnungen der Versuche fordern vielleicht eine nähere Erklärung; der negative Pol wurde aus dem Grunde näher zum Rückgrat gestellt, weil — wie die Versuche später zeigen werden — die ersten Reflexzuckungen, welche bei allmählich zunehmender Stromstärke hervorgerufen werden, bei Schliessung des Stromes entstehen und also von der

Kathode ausgehen; durch diese Anordnung wird daher der Widerstand vermieden, welche die Anode sonst bei der Fortpflanzung der Erregung nach dem Rückenmark zu ausüben würde. Ferner wurden die Pole an das Ende des Nervenstammes, unterhalb der Mitte desselben gelegt, um die elektrotonisirende Wirkung des Stromes auf das Rückenmark, sowie auch den Einfluss etwaiger Nebenströme auf dasselbe zu vermeiden. Bei der Erhaltung des anderen M. gastrocnemius kam es weniger auf den Einfluss eines Querschnittes auf die Erregbarkeit des Nerven an, sondern er diente nur dazu, durch seine Zuckungen anzudeuten, ob die Leitung in Ordnung war, und zugleich erlaubte er ein Urtheil über die angewendete Stromstärke vermöge ihrer Wirkung auf den direct gereizten motorischen Nerven; die Erhaltung dieses Muskels ist also von Nutzen bei der Ausführung der Versuche; bei der Beschreibung der einzelnen Versuche jedoch erwähnen wir sein Verhalten nur ausnahmsweise.

In den Beschreibungen der Versuche kommt hier zu den schon oben angewendeten Bezeichnungen eine Columne mit der Ueberschrift „Zeit" hinzu, und damit ist in Minuten oder Secunden die Zeit seit der ersten Reizung gemeint. Des Verhaltens des Praeparates bei Oeffnung des Stromes werden wir nur dort besonders Erwähnung thun, wo Oeffnungszuckungen hervortreten.

Versuch 1. Vergiftung mit $^1/_{10}$ mgrm; 10 Minuten danach zeigte sich Spreizung der Zehen und schwache Zuckung an den Extremitäten bei Reizung; in diesem Momente wurde das Praeparat verfertigt. Die Reizungen gaben Reflexzuckungen auf der anderen Seite von folgender Grösse:

Dan.	Zeit	Schlz.
$^1/_3$	0	9·2 mm
„	5	9·4 „
„	10	3·9 „
„	15	0 „

wo die Zeit in Minuten angegeben ist.

Versuch 2. Die Dosis und das Verfahren sind dieselben wie im vorhergehenden Versuche. Erst 24 Minuten nach der Vergiftung zeigte sich hier Zuckung der Extremitäten bei Reizung, und 46 Minuten nach der Vergiftung Krampfanfälle von kurzer Dauer im ganzen Körper; im letztgenannten Momente wurde das Praeparat verfertigt. Das Praeparat verhielt sich auf folgende Weise:

Dan.	Zeit	Schlz.
$^1/_3$	0	10·8 mm
„	5	11·2 „
„	10	8·0 „
„	15	0

Versuch 3. Vergiftung mit $^1/_{10}$ mgrm; 17 Minuten danach Spreizung der Zehen und Zuckung der Extremitäten, sogar Sprung bei Reizung; nach 20 Minuten tetanischer Anfall von einigen Secunden im ganzen Körper; jetzt wurde das Praeparat verfertigt. Die Untersuchung gab folgende Resultate:

Dan.	Zeit	Schlz.
$^1/_3$	0	5·4 mm
„	5	6·8 „
„	10	7·0 „
„	14	0 „

Es kann bemerkt werden, dass der angewendete Strom in diesen drei Versuchen in dem anderen Muskel Schliessungs- und schwache Oeffnungszuckung hervorbrachte.

Versuch 4. $^1/_{10}$ mgrm; das Praeparat wurde 50 Minuten nach der Vergiftung verfertigt, nachdem mehrere Anfälle von allgemeinem Krampf während mehrerer Secunden vorher gegangen waren. Bei Reizung mit $^1/_3$ Dan. entstand keine Zuckung; mit 1 Dan. minimale Zuckung; beim Summiren aber brachte sowohl 1 als $^1/_3$ Dan. Zuckung hervor.

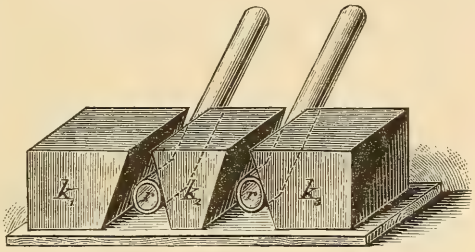
Das Summiren hier, sowie auch bisweilen in dem Folgenden wurde angewandt, um die Reizbarkeit in dem Praeparate zu prüfen; es wurde nur durch wiederholtes Schliessen und Oeffnen des Stromes in der Quecksilberleitung mit der Hand zu Wege gebracht.

Versuch 5. 30 Minuten nach der Vergiftung mit $^1/_7$ bis $^1/_8$ mgrm traten dieselben Erscheinungen auf wie in dem vorhergehenden Versuche; dann wurde das Praeparat verfertigt. Hier brachten $^1/_3$ und auch 1 Dan. keine Reflexzuckung hervor, eben so wenig wie das Summiren; der andere Muskel aber (auf der gereizten Seite) wurde in Zuckung versetzt.

Von diesen Versuchen fällt Versuch 1 in das erste der Stadien, welche wir oben unterschieden haben, und zwar in das Ende desselben; die Versuche 2 und 3 gehören in das mittlere Stadium, und die Versuche 4 und 5 in das letzte, das Stadium der Erlahmung. Die Versuche zeigen schon, dass die Dauerhaftigkeit auch in den beiden ersten Stadien nur einige, 5 bis 10 Minuten währt; und wir können hinzufügen, dass die längste Dauerhaftigkeit, die wir beobachtet haben, 16 Minuten währte; ausserdem erweist es sich, dass das Praeparat nach anhaltendem Krampfanfalle nicht mehr für Untersuchungen der sensiblen Nerven brauchbar ist.

Mit dieser Voraussetzung, dass das Praeparat nur kurze Zeit angewendet werden kann, ist es für dessen Anwendung bei physiologischen Untersuchungen von Gewicht zu ermitteln, wie oft die Reizungen geschehen können, ohne dass die Grösse der Muskelzuckung verändert wird; zu diesem

Zwecke führen wir hier eine Anzahl ähnlicher Versuche, wie die vorhergehenden, an, aber mit kürzerer Zwischenzeit zwischen den Reizungen. In einigen dieser Versuche ist zugleich die Veränderung getroffen, dass die unpolarisirbaren Elektroden festen Abstand von einander erhalten haben; schon die vorhergehenden Versuche deuten an, warum dies geschehen ist. Die Reflexzuckungen sind maximal oder beinahe maximal in den verschiedenen Versuchen; aber sie sind von verschiedener Grösse. Wie die Versuche hier ausgeführt wurden, kann dies auf zufälligen Umständen beruhen, z. B. darauf, dass die Entfernung zwischen den Polen und mithin der Leitungswiderstand, sowie die Stromstärke, verschieden sind in den verschiedenen Versuchen; um daher bei den Versuchen die gleiche Stromstärke zu erhalten, und dieselbe Stelle des Nervenstammes zu reizen, haben wir Elektroden mit festem Abstande zwischen den Polen benutzt. Dieses wurde durch folgendes Verfahren, das durch die Abbildung in etwas verjüngtem Maassstabe genauer verdeutlicht wird, erreicht. Auf einer Unterlage von Holz sind drei gleichhohe Holz- oder Korkstücke, k_1 k_2 k_3 in der Figur, befestigt; diese Korkstücke haben eine solche Form und Lage, dass zwischen k_1 und k_2 und ebenso zwischen k_2 und k_3 Zwischenräume von prismatischer Form entstehen; in diesen Zwischenräumen haben die Glasröhren r r für die Zinklösung und die Zinkstreifen ihren Platz; die Glasröhren sind winkelförmig gebogen und auf der Unterlage befestigt. Alle Korktheile und die Unterlage sind ferner mit Asphalt überzogen, um dieselben zu isoliren. Bei der Anwendung werden die beiden prismatischen Zwischenräume mit Thonteig gefüllt, die Glasröhren mit der Zinklösung u. s. w., auf dieselbe Art, wie bei der Anwendung der Elektroden du Bois-Reymond's; schliesslich giebt man der Unterlage, auf welcher die Korkfläche befestigt ist, eine horizontale Lage im Myographion, und der Nerv wird auf die obere Fläche der Korkstücke gelegt, so dass er mit dem Thon in den prismatischen Räumen in Berührung steht. Die Entfernung zwischen den hier benutzten Elektroden war 18 mm, und diejenigen Stellen der Thonspitzen, auf welchen der Nerv lag, hatten eine Breite von 3·5 mm. Diese Anordnung ist recht bequem bei Reizungsversuchen mit constantem Strome, z. B. bei der Aufweisung des Zuckungsgesetzes u. s. w.; sie giebt dabei mit derselben Batterie dieselbe Stromstärke, wenn dieselben Stellen vom N. ischiadicus in verschiedenen Praeparaten auf die Elektroden gelegt werden, vorausgesetzt, dass die Versuchsthiere, bez. N. ischiadici von derselben Grösse



sind. Diese Anordnung gestattet, kurz gesagt, die Zuckungen, welche verschiedene Praeparate in verschiedenen Vergiftungsstadien zeigen, mit einander zu vergleichen.

Wir theilen hier zunächst einige Versuche von einer Minute Zwischenzeit zwischen den Reizungen mit; die ersten Versuche 6, 7 und 8 sind an Frühlingsfröschen im Monat Mai mit denselben Elektroden und festem Abstande ausgeführt.

Versuch 6. Vergiftung mit $^1/_{10}{}^{\text{mgrm}}$; das Praeparat wurde 5 Minuten darauf verfertigt, nachdem schwache, gerade eben merkbare Zuckungen in den Extremitäten hatten hervorgerufen werden können. Die Reizungen mit $^1/_3$ Dan. gaben nach einander folgende Schliessungszuckungen: 11·6, 12·4, 12·6, 12·6, 12·0, 11·6, 12·9, 12·8, 12·7, 12·1, 11·6, 9·8, 7·8, 4·3, und minimale Zuckungen — alle in Millimetern. Der Versuch bezieht sich auf das früheste Vergiftungsstadium und zeigt — im Vergleich mit den folgenden Versuchen 7 und 8 — grosse maximale Werthe der Zuckungen. Ferner behielten die Zuckungen ungefähr dieselbe Grösse bei den 11 ersten Reizungen, oder während 10 Minuten; gegen das Ende des Versuches nahmen die Zuckungen langsam im Verlaufe von 3 bis 4 Minuten ab.

In einem anderen ähnlichen Versuche — Vergiftung mit $^1/_{10}{}^{\text{mgrm}}$ und Praeparat nach 5 Minuten, doch ohne vorhergehende merkbare Vergiftungserscheinungen bei Reizung — erzeugten $^1/_3$ und 1 Dan. keine Reflexzuckung; in diesem Falle war also die Vergiftung noch nicht so weit fortgeschritten, dass die Erregung durch die Reflexapparate des Rückenmarkes fortgepflanzt werden konnte.

Versuch 7. 27 Minuten nach der Vergiftung mit $^1/_{10}{}^{\text{mgrm}}$ wurde das Praeparat verfertigt; 6 Minuten nach der Vergiftung hatten sich bei Reizung schwache Zuckungen in den Extremitäten gezeigt; nach 19 Minuten zeigten sich bei erneuerter Reizung starke Zuckung in den Extremitäten und Spreizung der Zehen; nach 22 Minuten trat der erste Krampfanfall ein; 23, 24 und 25 Minuten nach der Vergiftung, bez. der zweite, dritte und vierte Krampfanfall, der letzte von längerer Zeitdauer, etwa einigen Secunden. Bei Reizung mit $^1/_3$ Dan. entstanden nach einander Zuckungen von folgender Grösse: 8·4, 7·8, 9·2, 8·0, 8·7, 8·2, 7·9, 6·4, 2·3 und 0^{mm}. Der Versuch bezieht sich auf ein weit mehr fortgeschrittenes Vergiftungsstadium als der vorhergehende; er zeigt geringere maximale Zuckung und Dauerhaftigkeit während 7 bis 8 Minuten; gegen Ende des Versuches fanden die Reflexzuckungen im Verlauf von 2 bis 3 Minuten statt.

Versuch 8. Vergiftung mit $^1/_{10}{}^{\text{mgrm}}$; das Praeparat wurde nach 50 Minuten verfertigt, nachdem starke, einige Secunden dauernde Krampfanfälle erfolgt waren. Reizung mit $^1/_3$ Dan. gab in diesem Falle keine Reflex-

zuckung; mit 1 Dan. wurden sowohl Schliessungs- als Oeffnungszuckungen in folgender Reihenfolge hervorgerufen:

Schl.	Oeffnz.	Schlz.	Oeffnz.
4.0	2·3 mm	3·7	2·0 mm
3·8	1·1 „	3·6	0 „
3·5	1·1 „	2·7	0 „
3·7	3·4 „	3·0	0 „
3·5	3·5 „	3·9	0 „
3·6	3·2 „	0	0 „
3·9	3·3 „	0	0 „

Der Versuch wurde also an einem Praeparate ausgeführt, welches dem letzten Stadium nahe steht; auch hier zeigten die Schliessungszuckungen nicht geringe Beständigkeit während einer Zeitdauer von 2 Minuten, aber sie hatten geringe maximale Grösse und hörten plötzlich auf; die Oeffnungszuckungen dagegen, welche in diesem Falle zum Vorschein kamen, weichen in der Grösse bedeutend von einander ab.

In diesen drei Versuchen hat sich noch nicht Gelegenheit geboten darzulegen, dass die Reflexzuckungen wirklich maximale oder beinahe maximale waren; wird aber dies zunächst als richtig angenommen, so zeigen die Versuche, dass die maximalen Zuckungen im ersten Vergiftungsstadium am grössten sind. Die Versuche zeigen ferner im Vergleich mit den früheren, dass Reizungen mit einer Minute Zwischenzeit keinen wesentlichen Einfluss auf die Dauerhaftigkeit ausüben.

Diese Verhältnisse vervollständigen wir noch durch folgende drei Versuche, die an Winterfröschen ausgeführt wurden, und von welchen der letzte — Versuch 2 — sich auf eine umgekehrte Lage der Pole bezieht; in allen drei war, wie vorher, die Zeit zwischen den Reizungen 1 Minute.

Versuch 9, Winterfrosch. Vergiftung mit $^1/_{10}$ mgrm; das Praeparat wurde 8 Minuten darnach verfertigt, nachdem sich schwache Vergiftungserscheinungen gezeigt hatten. Bei der Reizung wurden du Bois-Reymond's Elektroden angewendet. Reizung mit $^1/_3$ Dan. gab keine Reflexzuckung; mit 1 Dan. wurden Schliessungszungen in folgender Weise hervorgebracht: 8·8, 8·8, 8·8, 8·9, 9·0, 9·0, 9·0, 9·0, 9·0, 9·0, 9·0, 9·0, 8·6, 8·4, 0,0,0 mm. Der Versuch gehört in's erste Vergiftungsstadium und zeigt 13 Minuten lang Ausdauer.

Versuch 10. Zu gleicher Zeit ausgeführt wie der vorhergehende, auch an einem Winterfrosche; $^1/_{10}$ mgrm; das Praeparat nach 22 Minuten verfertigt, nachdem mehrere Anfälle von starkem Krampf vorhergegangen waren. Die Anordnung war dieselbe wie im vorhergehenden Versuche. Mit $^1/_3$ Dan. konnten keine Reflexzuckungen hervorgerufen werden; 1 Dan.

dagegen gab folgende Schliessungszuckungen: 5·2, 5·0, 5·0, 5·0, 4·1, 3·9, 2·8, 0·8 mm. Das Praeparat gehört dem Krampfstadium an; es zeigt geringe maximale Zuckung und Ausdauer nur während 3 bis 4 Minuten.

In den vorhergehenden Versuchen war der negative Pol näher zur Wirbelsäule; ein Versuch mag andeuten, dass das Praeparat sich ebenso lange hält bei umgekehrter Anordnung der Pole.

Versuch 11, Winterfrosch. $^1/_{10}$ mgrm; Praeparat nach 19 Minuten, nachdem sich bei Reizung schwache Zeichen von Vergiftung gezeigt hatten; der positive Pol näher zur Wirbelsäule, sonst dieselbe Anordnung wie in den Versuchen 9 und 10. Mit 1 Dan. wurden bei Reizungen mit 1 Minute Zwischenzeit folgende Schliessungszuckungen hervorgerufen: 8·4, 8·3, 8·2, 8·3, 8·7, 9·8, 8·7, 8·2, 7·2, 4·5, 0·7 mm. Der Versuch bezieht sich also auf das erste Versuchsstadium, und das Praeparat zeigt dieselbe Ausdauer wie bei umgekehrter Anordnung der Pole.

Da die Praeparate nur eine Dauerhaftigkeit von nur einigen 5 bis 10 Minuten und zuweilen von etwas längerer Zeit zeigen, so ist es für den Gebrauch derselben bei physiologischen Untersuchungen von Gewicht zu erforschen, ob die Reizungen noch öfter als einmal in der Minute geschehen können, ohne dass die Dauerhaftigkeit verändert wird.

Um diese Frage zu beantworten, haben wir Versuche an Praeparaten von den beiden ersten Stadien mit kürzerer und kürzerer Zwischenzeit zwischen den Reizungen, und schliesslich mit einer Zwischenzeit von nur einigen Secunden angestellt. Diese Versuche haben gezeigt, dass ungefähr dieselbe Dauerhaftigkeit Praeparaten von den beiden Stadien zukommt; diese Verhältnisse deuten wir nur durch einen Versuch an, in welchem das Praeparat in der Mitte der beiden Stadien oder im Anfange des zweiten Stadiums verfertigt wurde.

Versuch 12, Frühlingsfrosch. $^1/_{10}$ mgrm; 9 Minuten darauf, nach eben eingetretenem Krampfanfalle, wurde das Praeparat verfertigt. Bei Reizung mit $^1/_3$ Dan., wobei der negative Pol dem Rückgrat näher war, und die Schliessungen in Zwischenzeiten von nur einigen Secunden geschahen, wurden folgende Schliessungszuckungen in der anderen Extremität erhalten: 11·2, 10·6, 11·8, 11·8, 12·0, 12·0, 12·0, 12·4, 12·0, 11·5, 11·8, 11·8, 11·7, 11·4; und dann nach einer Minute Ruhe: 12·8, 5·4, 2·6.

In Praeparaten von den beiden ersten Stadien können solcherweise mehrere Reizungen dicht nach einander geschehen, ohne dass die Zuckungsgrössen wesentlich verändert werden; als Gegensatz hierzu mag hier noch folgender Versuch an einem Praeparate von dem letzten Vergiftungsstadium oder vom Anfange des Lähmungsstadiums Platz finden:

Versuch 13, Frühlingsfrosch. $^1/_5$ mgrm; 38 Minuten danach, nachdem mehrere Krampfanfälle vorgegangen waren, wurde das Praeparat gemacht.

Die Anordnung wie im vorigen Versuch: mit $^1/_3$ Dan., bei Reizungen dicht nacheinander, wurden folgende Reflexzuckungen erhalten: 7·8, 0, 0, 0.

Praeparate aus dem letzten Stadium zeigen also bei Reizungen dicht nacheinander keine Dauerhaftigkeit.

Es mag schliesslich bemerkt werden, dass in mehreren dieser Versuche eine besondere Untersuchung statt fand, um darzulegen, dass die Reizungen nicht von Nebenströmen herrührten.

In den früheren Vergiftungsstadien also müssen Praeparate für physiologische Zwecke bereitet werden; doch lassen es die vorhergehenden Versuche unentschieden von welchem Stadium — dem ersten oder zweiten ehe anhaltender Krampf eingetreten ist — das Praeparat am besten zu nehmen ist; in beiden Stadien scheint nämlich die Dauerhaftigkeit dieselbe zu sein, sogar bei schnell einander folgenden Reizungen.

Die Dauerhaftigkeit, die solche Praeparate von früheren Stadien bei rasch wiederholter Reizung besitzen, hilft in wesentlichem Grade dem Uebelstande ab, dass die Dauerhaftigkeit im Ganzen nur einige Minuten währt; überhaupt bedarf es nämlich nur weniger Reizung um eine gewisse Eigenschaft oder Veränderung an einem Nerven zu untersuchen. Aus dem Vorhergehenden ergiebt sich aber zugleich, dass dasselbe Praeparat nicht für mehrere verschiedene Untersuchungen zu gebrauchen ist; die kath- und anelektrotonischen Erregbarkeitsveränderungen z. B. können nur in geringem Maasse an demselben Praeparate untersucht werden; diesem Uebelstand wird jedoch dadurch abgeholfen, dass die verschiedenen Fragen, die sich bei einer Reihe von Untersuchungen aufdrängen, an neuen Praeparaten einzeln untersucht worden.

Die Ursache der geringen Dauerhaftigkeit, welche diese Reflexpraeparate zeigen, kann der Einwirkung des Strychnins auf die Reflexapparate des Rückenmarkes zugeschrieben werden; in der Mittheilung aber, die ich früher hinsichtlich der elektrotonischen Erregbarkeitsveränderungen in sensiblen Nerven[1] gemacht habe, ist hervorgehoben worden, dass sich dieselbe Eigenschaft der geringen Dauerhaftigkeit auch in ähnlichen Praeparaten von nicht strychninisirten Fröschen findet; zur Untersuchung der verschiedenen Fälle, die hier zu beachten waren, war es nämlich nöthig verschiedene Praeparate anzuwenden. Es scheint daher als ob die geringe Dauerhaftigkeit nicht so sehr der Einwirkung des Strychnins zuzuschreiben sei, sondern vielmehr anderen Ursachen; unter solchen Verhältnissen wäre man vielleicht geneigt ihren Grund in dem oben angedeuteten, durch aufgehobene Blutcirculation entstandenen, mangelnden Stoffumsatz in den Reflexapparaten des Rückenmarkes zu suchen.

---

[1] K. Hällstén, Elektrotonus in sensiblen Nerven. *Dies Archiv.* 1880. S. 114.

b. Die Empfindlichkeit des Praeparates für Veränderungen in der Stromstärke.

Zur Untersuchung der Empfindlichkeit des Praeparates übergehend, nehmen wir hier zunächst den einfacheren Fall vor, wo nur die Stärke des constanten Stromes verändert wird; nachher werden wir den allgemeineren Fall untersuchen, wo der Strom sowohl seiner Stärke als seiner Richtung nach verändert wird. Hinsichtlich des ersteren Falles ist zu untersuchen, wie genau die Grösse des minimalen Reizes oder richtiger die Grenzen desselben bestimmt werden können; ferner die Genauigkeit mit welcher sich die Grösse der Reflexzuckung verändert, je nachdem die Stärke des Reizes ab- oder zunimmt. — Bei der Ausführung der Versuche ist dieselbe Methode anzuwenden, wie oben bei der Untersuchung über die Dauerhaftigkeit des Praeparates. Bei der Anwendung stärkerer Ströme modificiren wir die Stärke derselben, indem wir eine grössere oder kleinere Anzahl Elemente anwenden; bei geringeren Stromstärken dagegen, wie z. B. bei der Anwendung von $^1/_3$ oder 1 Dan., ist die Stärke vermittelst eines Rheochordes zu modificiren; wir haben zu dem Zwecke einen neusilbernen Rheochord nach Poggendorff's Princip benutzt; hinsichtlich der Anwendbarkeit dieses Instrumentes mag nur erwähnt werden, dass dasselbe bei gleichartigen Untersuchungen motorischer Nerven seinem Zweck entsprochen hat. — Nach unseren oben gemachten Erfahrungen über die Dauerhaftigkeit des Praeparates führen wir die Reizungen nach einer Zwischenzeit von nur einigen Secunden aus; ferner stellen wir aus oben schon angegebener Ursache den negativen Pol näher zur Wirbelsäule. — In der Beschreibung der Versuche befindet sich eine neue Columne mit der Ueberschrift „Rheochord"; damit ist die Lage des Rheochordbügels in Centimetern oder Millimetern bei dem betreffenden Reizungsversuche gemeint; die übrigen Bezeichnungen sind dieselben wie oben. — Es mag ferner bemerkt werden, dass wenn der negative Pol sich näher zur Wirbelsäule befindet, der Strom hier als absteigend zu betrachten ist im Verhältniss zum Muskel, an welchem die Reflexzuckungen beobachtet werden, und umgekehrt als aufsteigend, wenn der positive Pol der Wirbelsäule näher steht. Wird dieses festgehalten, so können die Resultate hinsichtlich des Eintretens der Zuckungen beim Reizen motorischer und sensibler Nerven unmittelbar mit einander verglichen werden.

Versuch 1, Frühlingsfrosch. Die Vergiftung wurde anfangs mit $^1/_{20}{}^{\text{mgrm}}$ an mehreren Fröschen ausgeführt und Praeparate von denselben wurden $^1/_2$, 2, 5 Minuten später verfertigt, als noch kein äusseres Zeichen von der Wirkung des Giftes zu bemerken war; in diesen Praeparaten konnte man jedoch keine Reflexzuckung mit dem constanten Strome hervorbringen.

Danach wurde $^1/_5$ mgrm angewendet, und das Praeparat 4 Minuten später verfertigt ohne vorhergehende Zeichen von Vergiftung; bei den Reizungen wurden Elektroden mit festem Abstande angewendet; die Versuchsresultate waren folgende:

Dan.	Rh.	Schlz.	Dan.	Rh.	Schlz.
$^1/_3$	40	0	1	30	0
$^1/_3$	70	0	1	35	1·0
$^1/_3$	offen	10·4	1	40	1·1
$^1/_3$	100	0	1	60	3·5
$^1/_3$	10	0	1	70	12·6
$^1/_3$	offen	11·9	7	offen	13·3
1	60	10·1	3	„	12·5
1	40	4·6	5	„	10·7
1	20	0			

Der Versuch bezieht sich auf das früheste Vergiftungsstadium. Der minimale Reiz konnte hier bei Anwendung von 1 Daniell zwischen den Rheochordlängen 20 und 40 cm, oder genauer — in einem späteren Versuche — zwischen 30 und 35 cm begrenzt werden. Ebenso liess sich mit 1 Dan. eine Zunahme in der Grösse der Reflexzuckungen zwischen den Rheochordlängen 30 und 70 cm aufweisen. Bei der letzteren Lage des Rheochordbügels jedoch erreichten die Reflexzuckungen ungefähr schon denselben maximalen Werth wie bei Reizung mittelst 7 oder 3 Dan. Ungefähr derselbe maximale Werth trat auch mit $^1/_3$ Dan. bei offenem Rheochord hervor. Hier tritt also die Erscheinung ein, von welcher oben die Rede war, dass nämlich $^1/_3$ Dan. maximale oder beinahe maximale Reflexzuckung giebt.

Versuch 2, Frühlingsfrosch. $^1/_{10}$ mgrm; das Praeparat nach 10 Minuten verfertigt, als sich die ersten Vergiftungserscheinungen, schwache Zuckungen in den Extremitäten, bei Reizung einstellten. Bei den Reizversuchen wurden dieselben Elektroden wie in dem vorhergehenden Versuche benutzt; die Resultate waren folgende:

Dan.	Rh.	Schlz.	Dan.	Rh.	Schlz.
$^1/_3$	20	0	$^1/_3$	42	minim.
$^1/_3$	offen	10·4	$^1/_3$	44	11·8
$^1/_3$	60	11·7	$^1/_3$	43	11·8
$^1/_3$	40	0	$^1/_3$	42	0
$^1/_3$	50	11·8	8	offen	11·8
$^1/_3$	43	11·8	8	„	11·4

Auch dieser Versuch bezieht sich auf das erste Vergiftungsstadium. Der minimale Reiz wurde hier durch die Rheochordlänge 42 cm mit $^1/_3$ Dan. bestimmt; aber schon bei der Lage 43 des Rheochordbügels entstand dieselbe Reflexzuckung wie bei 8 Dan.; die Zunahme der Reflexzuckung — bei Zunahme der Stromstärke — war also hier sehr gross, die Empfindlichkeit klein. — Im letzten Theil des Versuches war der dort angewendete Strom — von 8 Dan. — ein starker Strom in absteigender Richtung, er brachte nämlich nur Schliessungszuckung hervor.

Versuch 3. Frühlingsfrosch. Nach Vergiftung mit $^1/_5$ mgrm wurden in mehreren Versuchen erst nach wiederholten und dauernden Krampfanfällen Praeparate verfertigt. In den meisten Fällen entstand keine Reflexzuckung bei Reizung mit constantem Strome; nur die folgenden zwei Fälle bildeten Ausnahmen; in einem Praeparate wurden nämlich mit $^1/_3$, 1 und 8 Dan. minimale Schliessungszuckungen hervorgerufen; dieser Fall muss, als auf der Grenze des letzten oder Erlahmungsstadiums stehend, angesehen werden. Der zweite Versuch, wobei dieselben Elektroden wie in den Versuchen 1 und 2 angewendet wurden, fiel folgendermaassen aus:

Dan.	Rh.	Schlz.	Oeffnz.
$^1/_3$	60	5·4	0
$^1/_3$	60	5·0	0
$^1/_3$	40	5·1	0
$^1/_3$	20	0	0
$^1/_3$	30	2·5	0
$^1/_3$	25	4·9	0
$^1/_3$	25	minim.	0
$^1/_3$	30	4·4	0
$^1/_3$	25	0	0
$^1/_3$	28	0	0
1	offen	5·3	0
1	„	5·4	0
8	„	5·7	4·4
8	„	4·5	3·0
$^1/_3$	80	0	0
$^1/_3$	offen	4·5	0

In diesem Versuche hat die maximale Reflexzuckung den Werth von nur 5 bis 6 mm; der minimale Reiz lag bei Anwendung von $^1/_3$ Dan. zwischen den Rheochordlängen 20 und 30 cm; und das Zunehmen der Reflexzuckung war bedeutend, so dass schon bei geringer Verstärkung des Reizes maximale Zuckung auftrat.

Noch ein Versuch möge hier mitgetheilt werden.

Versuch 4. Frühlingsfrosch. $^1/_{10}$ mgrm; das Praeparat wurde 8 Minuten darauf verfertigt, als noch keine Zuckung durch Reiz erzeugt werden konnte; Elektroden mit festem Abstande:

Dan.	Schlz.
$^1/_3$	1·1
1	1·1
2	1·3
2	1·3
3	1·3

Das Praeparat betrifft das erste Vergiftungsstadium, wo die maximale Zuckung sich auf 1, kaum 2 mm beschränkt.

Diese Versuche zeigen, dass die Empfindlichkeit des Reflexpraeparates für die Veränderung in der Reizstärke eine sehr geringe ist; bei Versuchen die Grenzen des minimalen Reizes zu bestimmen, und sogar bei Versuchen einen untermaximalen Reiz aufzusuchen, erhält man nämlich maximale Zuckungen oder gar keine. Versuch 1 deutet jedoch an, dass im frühesten Vergiftungsstadium minimaler und untermaximaler Reiz in Erscheinung gebracht werden können; es ist daher selbstverständlich, dass das Praeparat, falls man einen minimalen oder untermaximalen Reiz braucht, im ersten Vergiftungsstadium verfertigt wird; es mag jedoch hinzugefügt werden, dass solche Versuche nicht selten misslingen.

Die Versuche 1, 2 und 3, welche mittelst denselben Elektroden mit festem Abstande ausgeführt sind, lassen die Eigenschaft hervortreten, von der schon oben an einigen Stellen die Rede gewesen ist, dass nämlich die maximale Grösse der Reflexzuckung allmählich abnimmt, je nachdem die Vergiftung fortschreitet; anfangs kann sie den Werth von 10, 12, sogar bis 15 mm erreichen, später aber fällt sie.

Was schliesslich die Zunahme der Reflexzuckung zu Anfang der Vergiftung betrifft, so zeigt es sich, dass dieselbe binnen sehr kurzer Zeit geschieht; untersucht man nämlich das früheste Vergiftungsstadium, so begegnet man meistens Fällen, deren maximale Zuckungen 0 oder 10, 12 mm sind; ganz ausnahmsweise nur finden sich Praeparate, welche — wie in Versuch 4 — mit $^1/_3$ und mehreren Dan. die maximale Reflexzuckung von 1 bis 2 mm, oder von ganz minimaler Grösse, was wir auch in einigen Fällen beobachtet haben, geben.

c. Die Empfindlichkeit des Praeparates für veränderte Stärke und Richtung des Stromes, oder mit anderen Worten das Zuckungsgesetz.

Die Anordnung der Versuche war dieselbe wie oben, nur mit dem Unterschiede, dass ein Stromwender in die Strombahn eingeschaltet war.

Ehe wir einige hierhergehörige Versuche auseinandersetzen, mag gleich das Resultat hier hervorgehoben werden; aus den Untersuchungen geht hervor, dass Pflüger's Zuckungsgesetz für motorische Nerven auch an den sensiblen aufgewiesen werden kann. Es ist bloss ein Umstand, der nicht selten nur mit Schwierigkeit an den Tag gelegt werden kann, nämlich die Reactionen der starken Ströme Pflüger's, d. h. die Reflexzuckung beim Schliessen absteigenden (wenn in unserem Praeparate der negative Pol der Wirbelsäule näher ist) und ebenso beim Oeffnen des aufsteigenden Stromes (wenn hier der positive Pol der Wirbelsäule näher ist); zu letzterem Zwecke sind 8 bis 10 Dan. nöthig, aber nicht selten ist nicht einmal diese Anzahl hinreichend, um die betreffenden Phaenomene hervorzurufen. Folgende Versuche werden die Verhältnisse näher beleuchten:

Versuch 1. $^1/_{10}{}^{mgrm}$; das Praeparat wurde 5 Minuten danach verfertigt ohne vorhergehende Zeichen der Vergiftung. Elektroden mit festem Abstande.

Dan.	Pol.	Schlz.	Oeffnz.
$^1/_3$	negativ	7·1	0
$^1/_3$	positiv	6·2	0
1	negativ	9·0	0
1	positiv	9·0	0
3	negativ	9·3	0
3	positiv	9·6	0
6	negativ	9·6	8·5
6	positiv	9·2	8·6
8	negativ	9·0	7·9
8	positiv	4·9	9·0
1	negativ	6·5	0
1	positiv	5·8	0

Der Versuch bezieht sich auf das früheste Vergiftungsstadium und zeigt Schliessungszuckungen oder die Reactionen für Pflüger's schwache Ströme bei Reizung mit $^1/_3$, 1 oder 3 Dan.; bei Anwendung von 6 Dan. treten Reactionen von den mittelstarken Strömen Pflüger's hervor, und in den Reizungsversuchen mit 8 Dan. kann man die Reactionen von Pflüger's starken Strömen sehen, weil hier die Schliessungszuckung bei absteigendem und Oeffnungszuckung bei aufsteigendem Strome überwiegend war. Uebrigens hat sich das Praeparat während der Versuche nicht wenig verändert, wie der Controlversuch — die beiden letzten Reizungen mit 1 Dan. — lehrt.

Versuch 2. Frühlingsfrosch. $^1/_{10}$ mgrm; das Praeparat wurde 14 Minuten später nach eingetretenen Krampfanfällen bereitet. Dieselben Elektroden als im vorigen Versuche.

Dan.	Pol.	Schlz.	Oeffnz.
$^1/_3$	negativ	8·9	0
$^1/_3$	positiv	9·1	0
1	negativ	9·1	0
1	positiv	9·1	0
3	negativ	9·1	9·1
3	positiv	9·1	9·1
5	negativ	9·4	9·2
5	positiv	9·1	9·1
8	negativ	9·2	9·1
8	positiv	9·2	9·2
$^1/_3$	negativ	8·7	0
$^1/_3$	positiv	9·2	0.

Der Versuch bezieht sich auf das mittlere Vergiftungsstadium und zeigt nur die Reactionen des schwachen und mittelstarken Stromes Pflüger's, die letzteren sogar bei Reizung mit 8 Dan. Der letzte, der Controlversuch mit $^1/_3$ Dan., zeigt kaum oder keine merkbare Veränderung des Praeparates während des Versuches.

Versuch 3. Gleichzeitig mit dem vorigen und mit denselben Elektroden ausgeführt. $^1/_{10}$ mgrm. Nach 8 Minuten Spreizung der Zehen und Zuckung beim Reizen; nach 9 Minuten Krampf von einigen Secunden, nach 10 Minuten anhaltender Tetanus, wo dann das Praeparat verfertigt wurde.

Dan.	Pol.	Schlz.	Oeffnz.
8	negativ	5·2	5·2
8	positiv	0	5·0
7	negativ	5·2	5·1
7	positiv	0	4·9
6	negativ	5·4	4·7
6	positiv	0	4·9
3	negativ	4·9	4·5
3	positiv	4·7	4·7
2	negativ	4·9	4·6
2	positiv	4·6	4·3
1	negativ	5·2	4·4
1	positiv	4·5	0

Der Versuch bezieht sich auf das Ende des mittleren Stadiums und zeigt die Reactionen für mittelstarke Ströme, sowie für schwachen und starken Strom bei aufsteigender Richtung.

Versuch 4. Wie der vorige ausgeführt. Das Praeparat wurde 18 Minuten nach Vergiftung mit $^1/_{10}$ mgrm verfertigt.

Dan.	Pol.	Schlz.	Oeffnz.
10	negativ	3·4	3·0
10	positiv	1·0	3·1
9	negativ	3·1	2·5
9	positiv	minim.	2·5
8	negativ	2·8	1·2
8	positiv	0	2·3
6	negativ	2·6	0
6	positiv	0	minim.

Der Versuch wurde nicht weiter fortgesetzt; er bezieht sich, wie der vorige, auf das Ende des mittleren Stadiums und zeigt die Reactionen des starken Stromes in beiden Richtungen.

Wir halten es hiermit für bewiesen, dass das Zuckungsgesetz Plüger's auch bei Reizung sensibler Nerven an den Tag gelegt werden kann; wie aber schon erwähnt wurde, ist das Aufweisen der Reactionen für Pflüger's starke Ströme nicht selten mit Schwierigkeit verbunden, so dass dieselben nicht mit 8 bis 10 Dan. hervortreten; dies zeigt schon Versuch 2, doch mögen noch einige weitere hierher bezügliche Versuche Platz finden.

Versuch 5. Frühlingsfrosch. $^1/_{10}$ mgrm; das Praeparat nach 6 Minuten als sich die ersten Vergiftungserscheinungen bei Reizung zeigten

Dan.	Pol.	Schlz.	Oeffnz.
10	negativ	11·1	10·4
10	positiv	10·4	10·4.

Versuch 6. Wie der vorige ausgeführt. 15 Minuten nach der Vergiftung Zuckung in den Extremitäten bei Reizung; 22 Minuten nach der Vergiftung wurde das Praeparat verfertigt; allgemeiner Krampf war nicht vorhergegangen.

Dan.	Pol.	Schlz.	Oeffnz.
8	negativ	9·8	9·8
8	posisiv	9·8	9·8

Die Fortsetzungen dieser beiden Versuche sind fortgelassen; beide zeigen dass Ströme von 10, bez. 8 Dan. meist nur Reactionen für mittelstarke Ströme geben.

Wird noch gefragt, in welchem Vergiftungsstadium das Zuckungsgesetz am leichtesten aufzuweisen ist, so lehren die Versuche, dass die Reactionen für schwache und mittelstarke Ströme in beiden Stadien leicht hervortreten, die für starke Ströme dagegen nur dann und wann.

Schliesslich mag hier noch in aller Kürze eine hierher gehörige Versuchsreihe, die schon vor längerer Zeit, im Herbst 1879, ausgeführt wurde, erwähnt werden. Die Vergiftung geschah in allen Versuchen mit $^1/_{20}$ mgrm und die Praeparate wurden nach $^1/_2$, 2 . . . . 14, 15 Minuten verfertigt; bei den Versuchen wurden du Bois-Reymond's Elektroden angewendet. Das Zuckungsgesetz wurde hierbei nach allen Richtungen aufgewiesen, die Reactionen aber für starke Ströme nur in den weiter fortgeschrittenen Vergiftungsstadien, in den früheren Stadien dagegen wurden mit 8 Dan. — der höchsten Anzahl Elemente, die damals angewendet wurde — Reflexzuckungen von ungefähr gleicher Grösse bei Schliessung und Oeffnung hervorgebracht. — Ferner führte der constante Strom Schliessungszuckung an Praeparaten herbei, die nur eine halbe Minute nach der Vergiftung verfertigt waren. — Es mag hinzugefügt werden, dass diese Versuche später nur aus dem Grunde wiederholt worden sind, weil eine Messung der Grösse der Zuckungen damals nicht geschah.

Während dieser letzten Versuchsreihe wurden ferner Untersuchungen in Bezug auf Ritter's Tetanus und Volta's Alternativen ausgeführt, und es zeigte sich, dass beide mit Leichtigkeit an den Tag gelegt werden konnten.

Bei dieser Versuchsreihe traten ferner öfters sogenannte doppelte Reflexe hervor, von denen jeder aus einem kleinen, vorläufigen, und einem grösseren, später auftretenden, sogenannten endgültigen sich zusammensetzte. Während des letzten Frühjahres dagegen habe ich nicht ein einziges Mal solche doppelte Reflexe gesehen, obgleich ich Versuche mit elektrischem und mechanischem Reiz an etwa zweihundert Reflexpraeparaten ausführte. Das Auftreten der doppelten Reflexe scheint daher auf einer besonderen Disposition der Versuchsthiere zu beruhen; in welchem Grade die Jahreszeit hierbei einen Einfluss hat, mag dahin gestellt sein. — Hinsichtlich dieser doppelten Reflexe mag noch erwähnt werden, dass die kleinere, vorläufige Reflexzuckung bisweilen ganz ausbleiben kann, so dass nur die grössere, endgültige hervortritt; diese spätere Reflexzuckung giebt sich in diesem Falle nur durch ihr spätes, lange nachdem die Reizung geschehen ist, stattfindendes Auftreten als zu einem doppelten Reflexe gehörend zu erkennen. Noch kann hervorgehoben werden, dass sich doppelte Reflexe nie

beim Schliessen des Stromes, sondern nur beim Oeffnen desselben gezeigt haben.

Schliesslich mag hinzugefügt werden, dass die Reflexzuckungen bisweilen vom Tetanus, der gewöhnlich von kurzer Dauer und geringer Grösse war, begleitet gewesen sind; bisweilen hat sich doch auch anhaltender Tetanus während der ganzen Zeit, wo der Strom geschlossen blieb, gezeigt, d. h. der Zustand, welchen die Elektrotherapeuten, wenn derselbe sich in den motorischen Nerven zeigt, „Remak's Galvanotonus" nennen.[1]

2. Die Reflexbahnen in deren Abhängigkeit von den Spinalnerven.

In Beziehung auf diejenigen Nervenbahnen, welche in dem betreffenden Praeparate die Reflexe zum M. gastrocnemius vermitteln, haben wir es selbstverständlich mit zwei anatomischen Theilen zu thun, nämlich den Spinalnerven, welche am Reflex theilnehmen, und ferner dem Theil des Rückenmarkes, durch welchen die Leitung vermittelt wird. Was den letzteren Abschnitt anbelangt, so haben Koschewnikoff[2] sowie auch Vanlair und Blasius[3] gefunden, dass beim Frosch die Reflexe im Allgemeinen durch den Theil des Rückenmarkes vermittelt werden, welcher dem vierten oder fünften Wirbel entspricht, oder welcher sich von der Gegend des vierten bis sechsten Wirbels erstreckt. Die Spinalnerven wiederum, welche hier in Betracht kommen, sind der VII., VIII. und IX., weil der N. ischiadicus bekanntlich nur von diesen aus beginnt. Untersuchungen über die Theilnahme dieser Nerven an den Reflexen der hinteren Extremitäten sind schon früher zur Genüge gemacht worden; es sind ihrer mitgetheilt worden von Eckhard[4] in seiner oft citirten Abhandlung vom Jahre 1848, und später von Sanders-Ezn[5] sowie auch von Koschewnikoff.[6] Die Aufgaben, welche sich diese Forscher gestellt hatten, waren doch anderer Art als

[1] Vgl. in dieser Hinsicht z. B. M. Benedikt, *Elektrotherapie.* Wien 1868. S. 31.

[2] A. Koschewnikoff, Ueber die Empfindungsnerven der hinteren Extremitäten beim Frosch. *Dies Archiv.* 1868. S. 331.

[3] Nach Eckhard, in Hermann's *Handbuch der Physiologie.* Bd. II. Theil 2. S. 57.

[4] C. Eckhard, Ueber Reflexbewegungen der vier letzten Nervenpaare des Frosches. *Zeitschrift für rationelle Medicin.* 1848. Bd. VII. S. 281—310.

[5] A. Sanders-Enz, Vorarbeit für die Erforschung des Reflexmechanismus im Lendenmark des Frosches. *Arbeit aus dem physiologischen Institut zu Leipzig.* 1867. S. 1—29.

[6] A. a. O.

diejenigen, um welche es sich hier handelt; dennoch geben uns Eckhard's und auch Koschewnikoff's Arbeiten einige Aufschlüsse hinsichtlich des sensiblen Nerven, welche für unseren Gegenstand von Bedeutung sind, und auf welche wir etwas später zurückkommen werden; was wiederum die motorischen Nerven betrifft, so hat Eckhard[1] gefunden, dass der IX. Spinalnerv die motorischen Nervenfasern für den M. gastrocnemius enthält.

Um zu erforschen, in welchen der genannten Spinalnerven die Nervenfasern verlaufen, welche den Reflex zum M. gastrocnemius der anderen Seite vermitteln, haben wir hier dasselbe Verfahren angewandt, das bei gleichartigen Untersuchungen überhaupt üblich ist, nämlich Durchschneidung und Reizung. Der Schnitt wurde an den Spinalnerven oberhalb des Plexus ischiadicus, und die Reizung auf mechanischem Wege oder mittels des constanten Stromes ausgeführt. In beiden Fällen, welches Reizmittel auch angewendet wurde, sind die Praeparate von strychninisirten Fröschen verfertigt worden; an dem betreffenden Praeparate von frischem Frosche kann nämlich kein Muskelreflex vom Nervenstamme mittelst mechanischen Reizes und auch nicht durch Schliessen und Oeffnen des constanten Stromes hervorgerufen werden, wie dies bereits oben erwähnt wurde. Die Untersuchungen mit mechanischem Reize haben sich nur auf die qualitative Seite der Frage bezogen; bei den Untersuchungen mit constantem Strome war es auch auf die Bestimmung der Grösse der Zuckung abgesehen, um z. B. die Dauerhaftigkeit der Praeparate zu erforschen.

Bevor wir zu den Untersuchungen übergehen, mag bemerkt werden, dass wir hier keine Rücksicht genommen haben auf die ältere, unter anderen von Paschutin und Beresin vertretene Annahme besonderer motorischer Nervenfasern zur Vermittelung der Muskelcontractionen durch Einfluss des Willens und durch Reflex, sowie besonderer sensiblen Nervenfasern zur Vermittelung von Empfindungen und von Muskelreflexen; diese Ansichten dürften heutzutage aufgegeben sein. In Uebereinstimmung hiermit nennen wir in dem Folgenden ohne Weiteres den Spinalnerven oder die Nervenfasern, welche den betreffenden Reflex vermitteln, sensibel oder motorisch je nachdem dieselben die Erregung in centripetaler oder centrifugaler Richtung leiten.

Die Untersuchungen mittelst des mechanischen Reizes wurden auf folgende Weise ausgeführt. Nachdem einer oder mehrere der betreffenden Spinalnerven mit der Scheere abgeschnitten, wurde der mechanische Reiz ganz einfach so applicirt, dass das abgeschnittene Ende dicht beim vorigen Schnitt nochmals abgeschnitten wurde. Durch Abschneiden des centralen Endes des Spinalnerven soll natürlich festgestellt werden, ob der betreffende Spinalnerv sensible Fasern enthält, welche bei Reizung den Reflex zum

[1] A. a. O. S. 304.

M. gastrocnemius vermitteln, durch Abschneiden des peripherischen Endes wiederum, ob er motorische Fasern für denselben Muskel enthält. Bei der Ausführung der bezüglichen Versuche wurde das Reflexpraeparat auf eine Glas- oder Porzellanscheibe ausgebreitet und danach die betreffenden Schnitte gemacht.

Die Resultate, welche diese Untersuchungsmethode gegeben hat, sind nicht ganz übereinstimmend; der Deutlichkeit halber mögen darum hier zunächst die am häufigsten vorkommenden Fälle hervorgehoben werden. und später die Ausnahmen. Die Resultate können vorläufig in folgende Sätze zusammengefasst werden: 1° wie anzunehmen war, enthalten die drei betreffenden Spinalnerven, VII, VIII und IX, sensible Nervenfasern, welche bei Reizung Reflex im M. gastrocnemius hervorbringen — und zwar Reflexe sowohl auf der entgegengesetzten als auf derselben Seite; 2° nur die Spinalnerven VIII und IX enthalten motorische Nervenfasern für den M. gastrocnemius; und 3° von welchem der drei sensiblen Nervenfasern auch die Reizung ausgehen mag, der Reflex zum M. gastrocnemius kann durch die motorischen Nervenfasern sowohl des VIII. als des IX. Spinalnerven vermittelt werden. Zur Beleuchtung dieser Sätze führen wir zunächst folgende zwei Versuche mit mechanischer Reizung an.

Versuch 1. Einem Winterfrosch wurde $^1/_{10}$ mgrm Strychninnitrat eingespritzt; 7 Minuten darauf, als sich die ersten Vergiftungserscheinungen bei Reizung zeigten, wurde das Praeparat verfertigt, wobei beide M. gastrocnemii erhalten blieben. Darnach wurde der VII., VIII. und IX. Spinalnerv auf der rechten Seite abgeschnitten, sowie auch der VII. und VIII. auf der linken. Als darauf nacheinander das centrale Ende des VII., VIII. und IX. Spinalnerven auf der rechten Seite abgeschnitten wurde, erhielt man Reflexzuckung auf der anderen Seite; und als ebenso das centrale Ende des VII. und VIII. Spinalnerven auf der linken Seite abgeschnitten wurde, erhielt man Reflexe auf derselben Seite. — Als schliesslich der peripherische Theil des VIII. oder IX. Spinalnerven auf der rechten Seite oder des VIII. Spinalnerven auf der linken Seite dicht bei der Schnittstelle abgeschnitten wurde, brachte man Muskelzuckung auf derselben Seite hervor; dasselbe geschah auch beim wiederholten Abschneiden des IX. Spinalnerven auf der linken Seite.

Versuch 2. Vergiftung mit $^1/_{15}$ mgrm. Das Praeparat wurde 15 Minuten später verfertigt; sonst dieselben Verhältnisse wie in dem vorhergehenden Versuche. Es wurde hier der VII., VIII. und IX. Spinalnerv auf der linken Seite abgeschnitten, ebenso auch der VII. und IX. auf der rechten. Als darauf nacheinander das centrale Ende des VII., VIII. oder IX. Spinalnerven auf der linken Seite abgeschnitten wurde, zeigten sich

Reflexe auf der entgegengesetzten Seite; und als ebenfalls das centrale Ende des VII. und des IX. Spinalnerven auf der rechten Seite abgeschnitten wurde, entstanden Reflexe auf derselben Seite. Schliesslich zeigten Durchschnitte durch die peripherischen Theile des VIII. und IX. Spinalnerven, dass beide motorische Nervenfasern für den M. gastrocnemius enthielten.

Die beiden Versuche mittelst des mechanischen Reizes beleuchten schon die oben aufgestellten Sätze; die weiter unten folgenden Versuche mit dem constanten Strome werden sie ebenfalls bewahrheiten; aber, wie schon oben angedeutet, es werden bisweilen Abweichungen oder Ausnahmen von diesen am Allgemeinsten vorkommenden Fällen hinsichtlich des Verlaufes der motorischen Nervenfasern beobachtet. Nicht selten führt nämlich auch der VII. Spinalnerv motorische Nervenfasern für den M. gastrocnemius; und dieses war besonders der Fall in den Versuchen 1 und 2 hier oben. Ebenso findet man bisweilen Praeparate, in welchen der IX. Spinalnerv keine motorischen Fasern für den M. gastrocnemius enthält. Es ist auch noch hinzuzufügen, dass solche Ausnahmen von der allgemeinen Regel sich auf die eine Seite des Praeparates beschränken, oder auf beiden Seiten vorkommen können. Uebrigens ist eine solche Veränderlichkeit oder Variabilität im Verlaufe der in den Spinalnerven zu einem gewissen Muskel verlaufenden motorischen Nervenfasern schon vor Jahrzehnten von Eckhard[1] beobachtet worden. Für die physiologischen Aufgaben, die hier behandelt werden, scheint diese Frage kein anderes Interesse zu haben, als dass ein misslungener Versuch auf solchen Ausnahmsverhältnissen beruhen kann; für das morphologische Problem hinsichtlich einer „Wanderung der Gliedmaassen“ aber ist vielleicht diese Frage nicht ohne Interesse.

Durch verschiedene Nervenbahnen also kann der M. gastrocnemius in den Zustand von Reflexzuckung bei Reizung des N. ischiadicus der entgegengesetzten Seite versetzt werden; halten wir uns nur an die oben unter 1^0, 2^0 und 3^0 charakterisirten Fälle, so kann die Zuckung auf sechs Wegen vermittelt werden; von jedem der sensiblen Spinalnerven VII, VIII und IX kann nämlich die Erregung zum M. gastrocnemius der anderen Seite durch den VIII. oder den IX. motorischen Spinalnerven fortgepflanzt werden; es geben mit anderen Worten die verschiedenen Fälle in Summa $3 \times 2 = 6$ Combinationen. Bei Reizung des Nervenstammes — z. B. in der Nähe des Rückenmarkscanales — können also alle diese sechs Bahnen gleichzeitig in Thätigkeit versetzt werden. Die Anzahl der Reflexbahnen ist jedoch natürlicherweise mannigfach grösser, weil jeder Spinalnerv von einer grossen Menge Nervenfasern zusammengesetzt ist. Muskelreflexe bei Reizung von Nervenstämmen sind also sehr zusammengesetzte Erscheinungen, selbst wenn man es, wie hier geschehen, so einrichtet, dass ein einziger Muskel in Reflexzuckung versetzt wird. Nehmen wir nämlich vorläufig an, dass alle Nerven-

bahnen, welche den Reflex vermitteln, vollständig von einander getrennt waren, so dass die Erregung nicht von der einen zur anderen übergehen könnte, so wäre die Reflexzuckung als Summe aller Contractionen, welche gleichzeitig in den verschiedenen Muskelfasern vor sich gehen, anzusehen; es kann jedoch keinem Zweifel unterliegen, dass die verschiedenen Nervenbahnen, die hier den Reflex vermitteln, mit einander in den Reflexapparaten des Rückenmarkes zusammenlaufen; unter solchen Verhältnissen verstehen wir, dass die gleichzeitigen Erregungszustände in den Reflexapparaten auf einander einwirken können. Da sich also auch an den hier angewendeten einfachen Reflexpraeparaten die Erscheinungen sehr complicirt gestalten, so suchen wir die Verhältnisse dadurch zu vereinfachen, dass wir gewisse Nervenbahnen ausschliessen; dazu werden wir in der folgenden Untersuchung übergehen, die doch zugleich und hauptsächlich den Zweck hat durch Reizung vermittelst des constanten Stromes die oben unter 1^0, 2^0 und 3^0 aufgestellten Sätze festzustellen.

Bei der Ausführung dieser Untersuchung ist noch ein Umstand von Bedeutung zu beachten, nämlich die Stelle des Nervenstammes, wo die Reizung geschieht. Der N. ischiadicus empfängt natürlich an verschiedenen Stellen die sensiblen Fasern, welche durch die bez. Spinalnerven in das Rückenmark eintreten; in Folge hiervon werden die Fasern, welche oberhalb der gereizten Stelle in den Nervenstamm eintreten, gar nicht gereizt. Allerdings fehlen uns noch genaue Angaben über die Stellen, wo die sensiblen Nerven in den Nervenstamm eintreten; aber vorläufig kann dieses nach den Resultaten beurtheilt werden, welche Eckhard und später Koschewnikoff hinsichtlich der peripheren Ausbreitung der sensiblen Nerven oder deren Anfänge in der Haut gewonnen haben. Eckhard[1] fasst die Resultate seiner Untersuchungen auf folgende Weise zusammen: „Die sensiblen Fasern des VII. Paares versehen die nach unten gekehrte Seite des Oberschenkels und verbreiten sich mehr oder weniger weit in den über dem vorderen Kopf des Triceps liegenden und das Knie überziehenden Haut. In einigen wenigen Fällen fand ich sie noch über das Knie hinausgehend bis zu der die Rückenseite des Unterschenkels bedeckenden Haut. Die des VIII. versehen die vordere Gegend der Dorsalseite und die vordere Seite des Unterschenkels, ferner die Dorsalseite der beiden ersten Fusswurzelknochen, des Mittelfusses und der Zehen und endlich noch die Schwimmhaut. Die des IX. versehen die hintere Partie der Dorsalseite des Oberschenkels, dieselbe Stelle des Unterschenkels, namentlich die Haut, welche nach hinten das erste Fusswurzelgelenk überzieht, ferner die Volarseite der beiden ersten Fusswurzelknochen und des Mittelfusses, die Volarseite der

[1] A. a. O. S. 309.

Zehen und die Schwimmhaut.“ Zu diesen Resultaten haben die späteren Untersuchungen Koschewnikoff's[1] allerdings noch einige kleinere, vervollständigende Zusätze zu machen gehabt, aber in der Hauptsache stimmen Koschewnikoff's Resultate mit denjenigen Eckhard's überein. Der für unseren Gegenstand wichtigste Zusatz ist, dass die sensiblen Nervenfasern des VIII. Spinalnerven in der Haut nicht nur des Unterschenkels und des Fusses, sondern auch in derjenigen des Oberschenkels beginnen oder sich verzweigen; doch — fügt Koschewnikoff hinzu — sind die letzteren Fasern spärlich. — Hiermit versteht man, dass wenn ein Reiz das untere Ende des N. ischiadicus trifft, so werden die sensiblen Nervenfasern, welche dem VII. Spinalnerven angehören, nur unbedeutend getroffen, weil sie grösstentheils oberhalb der gereizten Stelle in den Nervenstamm eintreten; sensible Nervenfasern dagegen, die zum VIII. oder IX. Spinalnerven gehören, werden immer vom Reiz getroffen, wo auch im Verlaufe des Nervenstammes die Reizung geschieht. Dieses wird durch die folgenden Versuche bestätigt, in welchen der Strom mit dem negativen Pol näher zum Rückenmark auf das untere Ende des Nervenstammes wirkte. Hier beziehen sich die Versuche 3, 4, 5 und 6 auf die sensiblen Nerven und die Versuche 7, 8, 9 und 10 auf die motorischen.

Versuch 3. Von den sensiblen Spinalnerven (oder mit anderen Worten von den Spinalnerven auf der gereizten Seite) war beim Schlusse des Versuchs nur der IX. erhalten (Frühlingsfrosch); die Vergiftungsdosis nicht genau beobachtet; das Praeparat verfertigt, als der erste Krampfanfall bei Reizung eintrat. Mit $^1/_3$ Dan. wurden folgende Schliessungszuckungen erhalten: 0·8, 8·3, 7·1, 9·8, 8·8 mm. Darauf wurde der VII. sensible Spinalnerv abgeschnitten; nun erfolgten mit $^1/_3$ Dan. die Reflexzuckungen: 10·0, 8·4, 8·8; darnach wurde der VIII. sensible Spinalnerv abgeschnitten, wodurch eine Reflexzuckung von 7·2 mm ausgelöst ward; und mit dem vorigen Reize wurden nun folgende Schliessungszuckungen erhalten: 4·4, 2·4, 4·1, 2·0, 3·2, 2·4, 4·9, 2·6, 4·1. —

Versuch 4. Reflex vom VIII. sensiblen Spinalnerven: $^1/_7$ bis $^1/_8$ mgrm; das Praeparat 17 Minuten verfertigt, darauf als der erste Krampfanfall durch Reizung hervorgerufen wurde. Mit $^1/_3$ Dan. erfolgte keine Reflexzuckung; mit 1 Dan. dagegen wurde folgende Schliessungszuckungen erhalten: 4·7, 4·9, 4·9. So wurde der VIII. sensible Spinalnerv abgeschnitten; danach entstanden mit demselben Reize die Zuckungen: 4·5, 4·7; der IX. Spinalnerv wurde ebenfalls abgeschnitten; danach erfolgten mit 1 Dan. die Schliessungszuckungen: 3·8, 3·0, 1·9, 1·4, 1·0, 0.

Versuch 5. Reflex vom VII. sensiblen Spinalnerven; $^1/_{10}$ mgrm; das

[1] A. Koschewnikoff, a. a. O. S. 328—330.

Praeparat 35 Minuten darauf nach einigen vorhergegangenen Krampfanfällen verfertigt. Mit $^1/_3$ Dan. wurden folgende Schliessungszuckungen erhalten: 8·5, 8·5, 8·4; darauf wurde der VIII. sensible Spinalnerv abgeschnitten, wodurch eine Reflexzuckung von 8·5 mm in dem betreffenden Muskel entstand; danach erfolgten mit dem vorigen Reize die Zuckungen: 7·5, 7·5, 7·4, 7·2; dann wurde der IX. sensible Spinalnerv abgeschnitten; hierdurch eine Reflexzuckung von 7·5 mm; danach erfolgten keine Reflexzuckungen mehr mittelst des constanten Stromes; als aber danach der VII. sensible Spinalnerv in der Nähe der Wirbelsäule abgeschnitten wurde, entstand wieder die Reflexzuckung.

Versuch 6. Reflex vom VII. sensiblen Spinalnerven; die Vergiftung mit $^1/_6$ mgrm; das Praeparat wurde 28 Minuten darauf nach dem ersten Krampfanfalle gemacht. Bei Reizung erfolgten mit

Dan.	Schlz.	Oeffnz.
$^1/_3$	15·4	1·9 mm
$^1/_3$	15·5	2·3 „

Es wurde der VIII. sensible Spinalnerv abgeschnitten; hierdurch eine Reflexzuckung von 15·6 mm; darnach erfolgte mit $^1/_3$ Dan. die Schliessungszuckungen: 15·7, 15·1. Nun wurde der IX. sensible Spinalnerv abgeschnitten, wodurch die Reflexzuckung 15·2 mm entstand; dann erfolgten mit dem vorigen Reize die Reflexzuckungen: 11·4, 10·2, 5·4, 3·2, 1·9, 1·6 mm. Schliesslich, beim Abschneiden des VII. sensiblen Spinalnerven erfolgte eine Reflexzuckung von 11 mm.

Bei diesen Versuchen — 3, 4, 5 und 6 — wurden kürzlich gefangene Frühlingsfrösche angewendet; ferner wurden dieselben Elektroden mit festem Abstande benutzt, und die Reizungen erfolgten dicht nach einander in Zwischenzeiten von einigen Secunden.

Die Versuche beleuchten den Satz 1° oben, insofern derselbe sich auf Muskelreflexe auf der entgegengesetzten Seite bezieht. Die Versuche 3 und 4 zeigen, dass der VIII. und IX. Spinalnerv auch bei Reizung vom peripherischen Ende des Nervenstammes Reflex auf der entgegengesetzten Seite geben, wie dass oben die erwähnten Untersuchungen Eckhard's und Koschewnikoff's erwarten lassen. Der Versuch 6 zeigt dasselbe in Bezug auf den VII. Spinalnerven; der Versuch 5 jedoch ist in dieser Hinsicht eine Abweichung; wiederholte ähnliche Versuche (wie 5 und 6) aber haben erwiesen, dass gerade Versuch 5 die allgemeiner vorkommenden Verhältnissen zeigt, und der Versuch 6 eine Ausnahme bildet; die Erklärung dieses Verhältnisses ist die, dass sensible zum VIII. Spinalnerven gehörende Fasern oberhalb der gereizten Stelle in den Nervenstamm eintreten, wie die vorher angeführten Untersuchungen Eckhard's und Koschewnikoff's andeuten,

und wie dieses das Abschneiden des VII. Spinalnervs oberhalb des Plexus (Versuch 5) darthut.

Zur Untersuchung der motorischen Bahnen, welche den Reflex vermitteln, wurden zunächst zwei der betreffenden Spinalnerven durchschnitten, nämlich der VII. und entweder der VIII. oder der IX. auf der gereizten, sowie auch der VII. auf der entgegengesetzten Seite; der Schnitt erfolgte wie oben nahe der Wirbelsäule. Im Verlaufe des Versuches wurde dann auf dieselbe Weise durch Abschneiden auch der eine der motorischen Spinalnerven entfernt.

Versuch 7. Bei Schluss des Versuches wurde der Reflex durch die beiden IX. Spinalnerven vermittelt. Vergiftung mit $^1/_{10}$ mgrm; 33 Minuten später wurde das Praeparat nach einigen vorhergehenden Krampfanfällen gemacht. Vor dem Versuche wurden der VII. und der VIII. Spinalnerv auf der gereizten (der sensiblen) Seite und der VII. auf der entgegengesetzten (der motorischen) abgeschnitten. Mit $^1/_3$ Dan. erfolgten die Schliessungszuckungen: 9·3, 9·3, 9·1; es wurde der VIII. Spinalnerven auf der motorischen Seite abgeschnitten, wodurch eine Reflexzuckung von 9 mm erfolgte; nun erfolgten mit dem vorigen Reize die Reflexzuckungen: 7·9, 7·9, 7·9, 7·9, 7·9, 7·8, 7·7; danach folgten 99 Reizungen innerhalb 2 bis 3 Minuten, wobei die Reflexzuckungen constant, aber sehr wenig abnahmen; bei der 90. dieser 99 Reizungen war die Reflexzuckung aber von 7·7 auf 5·7 mm und bei der 99 auf 4·8 gesunken. Gegen Ende dieses Versuchs konnte man bemerken, dass die Contractionen langsamer vor sich gingen; es liegt auf der Hand, dass dies eine Folge der Ermüdung des Muskels war; es ist daher anzunehmen, dass die Abnahme des Umfanges der Muskelzuckung nur dieselbe Ursache hatte.

Der Versuch zeigt, dass der Reflex von den beiden IX. Spinalnerven vermittelt werden kann. Bemerkenswerth ist ferner die Dauerhaftigkeit des Praeparates gegenüber so häufiger Reizung mit demselben Reize.

Versuch 8. Bei Schluss des Versuches wurde der Reflex von den beiden VIII. Spinalnerven ermittelt; $^1/_{10}$ mgrm, das Praeparat 26 Minuten danach nach einigen Krampfanfällen gemacht. Der VII. Spinalnerv auf der motorischen, sowie der VII. und IX. auf der sensiblen Seite wurden abgeschnitten. Bei Schliessung mit $^1/_3$ Dan. entstanden die Reflexzuckungen: 10·0, 9·8, 9·8; es wurde der IX. Spinalnerv auf der motorischen Seite abgeschnitten, wodurch eine Reflexzuckung von 9·7 mm; danach entstanden mit dem vorigen Reize die Zuckungen: 9·5, 9·3, 9·3.

Der Versuch zeigt, dass beide VIII. Spinalnerven den Reflex vermitteln

können; ferner übte hier die Elimination des IX. — so wie des VIII. im vorigen Versuche — keinen erheblichen Einfluss auf die Grösse des Reflexes.

Versuch 9. Bei Schluss des Versuches wurde der Reflex durch den IX. sensiblen und den VIII. motorischen Spinalnerven vermittelt. $^1/_5$ mgrm, das Praeparat 18 Minuten danach nach einem vorhergegangenen Krampfanfalle gemacht. Am Praeparat wurde der VII. Spinalnerv auf der motorischen Seite, und der VII. und VIII. auf der sensiblen Seite abgeschnitten. Mit $^1/_3$ Dan. erfolgten folgende Schliessungszuckungen: 12·4, 12·3, 12·0. So wurde der IX. Spinalnerv auf der motorischen Seite abgeschnitten; nun erfolgten mit demselben Reize die Reflexzuckungen: 8·5, 8·2, 8·1, 8·1, 8·1, 8·1, 6·6, 8·1; und in darauf folgenden 11 Reizungen fiel die Reflexzuckung ziemlich gleichmässig bis auf 4·5 mm.

Der Reflex kann also durch den IX. sensiblen und VIII. motorischen Spinalnerven vermittelt werden.

Versuch 10. Bei Schluss des Versuches war nur der VIII. sensible und IX. motorische Spinalnerv erhalten; $^1/_7$ oder $^1/_8$ mgrm; 9 Minuten darauf das Praeparat. Mit $^1/_3$ Dan. erfolgten die Schliessungszuckungen: 7·6, 8·0, 8·0 mm; nun wurde der VIII. Spinalnerv auf der motorischen Seite abgeschnitten, wobei eine Reflexzuckung von 5·5 mm entstand; danach erfolgten mit dem vorigen Reize die Reflexzuckungen: 6·6, 7·5, 6·9, 6·7, 6·8, 6·8, 6·7, 6·2, 6·2, 6·2; und bei darauf folgenden 19 Reizungen im Verlaufe von 2 Minuten fiel die Reflexzuckung allmählich auf 4·2 mm.

Also auch der VIII. Spinalnerv auf der sensiblen, und der IX. auf der motorischen Seite können den Reflex vermitteln.

Aehnliche Versuche in Bezug auf den VII. sensiblen Spinalnerven können aus schon genannter Ursache nur ausnahmsweise ein Resultat geben. — Ferner mag bemerkt werden, dass in den letzten vier Versuchen der VII. Spinalnerv keine motorischen Nervenfasern für den M. gastrocnemius enthielt.

Durch die Versuche 1, 2, 7, 8, 9 und 10 halten wir auch die beiden anderen, unter 2° und 3° angegebenen Sätze für bewiesen. —

Ferner zeigten die Versuche 7, 8, 9 und 10 — bei welchen allen zwei von den Spinalnerven auf der gereizten Seite, vorher als die Reizungen geschahen, durchgeschnitten waren — eine bei diesen Untersuchungen überhaupt ungewöhnliche Dauerhaftigkeit; dieses Verhältniss scheint nicht einer zufälligen Disposition der Versuchsthiere zuzuschreiben zu sein, weil in derselben Zeit — im Monat Mai — auch Versuche an Praeparaten mit intacten Spinalnerven ausgeführt wurden, ohne dass eine solche Dauerhaftigkeit beobachtet wurde. Inwiefern dieses Verhältniss dem Umstande, dass gleichzeitige Erregungen in den Spinalnerven, mit den Reflexapparaten

des Rückenmarkes fortgepflanzt, aufeinander störend einwirken, zuzuschreiben sei, können wir hier nicht näher verfolgen.

Schliesslich lehren diese anatomischen Verhältnisse, dass das in Frage stehende Reflexpraeparat vereinfacht oder mehr elementar gemacht werden kann, dadurch nämlich, dass zwei von den drei Spinalnerven, womit der N. ischiadicus anfängt, durchgeschnitten worden. Im Folgenden finden wir Anleitung, in gewissen Fällen zu besonderen Zwecken, durch dies Verfahren das Praeparat zu vereinfachen.

---

3. Die Erregbarkeit desselben Nerven an verschiedenen Stellen.

In einer früheren Mittheilung in *diesem Archiv*, im Jahre 1876, wurden einige Untersuchungen angeführt, welche andeuteten, dass die Erregbarkeit der sensiblen Nerven an verschiedenen Stellen verschieden ist und im Allgemeinen vom Rückenmark gegen die Peripherie abnimmt. Die Untersuchungen geschahen derart, dass in dem hier in Rede stehenden Praeparate des N. ischiadicus mit einem untermaximalen Reize von derselben Stärke an verschiedenen Stellen gereizt wurde; hierbei wurden im M. gastrocnemius der anderen Seite Reflexzuckungen von ungleicher Grösse erhalten, je nachdem verschiedene Stellen gereizt wurden. Gegen die Deutung, dass dies auf ungleicher Erregbarkeit beruht, kann indessen der Einwand gemacht werden, dass weil der Nervenstamm in seinem oberen Theile mehr sensible Nervenfasern enthält, mehr Fasern und damit auch mehr Reflexapparate im Rückenmark erregt werden, je näher zum Rückenmark der Reiz wirkt. Es können nun freilich gegen diesen Einwand, wie auch in der erwähnten Mittheilung angedeutet wurde, mancherlei Umstände angeführt werden; die im Vorhergehenden besprochenen Verhältnisse aber zeigen eine Möglichkeit an derartige Einwendungen wesentlich zu beseitigen. Dies geschieht dadurch, dass der VII. und IX. Spinalnerv im Praeparat auf der gereizten Seite durchschnitten werden, so dass der Reflex nur durch die sensiblen Nervenfasern vermittelt werden, welche dem VIII. Spinalnerven angehören; wie im vorhergehenden Artikel genannt wurde, fangen nämlich diese Nervenfasern beinahe ausschliesslich im unteren Theile der Extremität an und treten also im Stamme des N. ischiadicus schon an dessen unteren Ende ein. Ein Reiz trifft daher sozusagen alle die sensiblen Nervenfasern, welche durch den VIII. Spinalnerven im Rückenmark eintreten, wenn derselbe ein kleines Stück oberhalb des unteren Endes auf den Nervenstamm einwirkt.

Durch Ausführung der Versuche unter derartig veränderten Verhältnissen kann also der erwähnte Einwand wesentlich beseitigt werden; und

dass ist auch die Veranlassung zur Wiederaufnahme, dieser Frage zu erneuter Prüfung. Aber auch in anderer Beziehung können die Untersuchungen vereinfacht werden; werden sie nämlich an Praeparaten von strychninisirten Fröschen ausgeführt, so können auch Reize von schwächerer Stärke angewandt werden.

Wir machen also die Untersuchung an Praeparaten von strychninisirten Fröschen; in Uebereinstimmung mit den in Artikel 1 angeführten verfertigen wir das Praeparat bevor Krampfanfälle von längerer Dauer eingetreten sind; und im Praeparate wurden der VII. und IX. Spinalnerv auf auf der Seite, wo die Reizung geschehen soll, durchschnitten. Als Reize werden elektrische Ströme in verschiedenen Formen angewandt; zur Leitung der Ströme wurden die für Untersuchungen dieser Art gewöhnlichen Anordnungen getroffen; drei Paar kleine Quecksilbergefässe wurden nämlich in parallelen Reihen dicht beieinander gestellt; das mittlere Paar konnte nach Belieben mit der Batterie, bez. secundären Spirale eines Inductionsapparates in Verbindung gebracht werden; von den beiden übrigen Paaren wieder gingen die Leitungen zu den vier unpolarisirbaren Elektroden, auf denen der Nerv ruhte; die beiden letzteren Quecksilbergefässe konnten ferner nach Belieben mittels zweier amalgamirter Kupferbügel mit den mittleren Quecksilbergefässen in Verbindung gesetzt werden, so dass die Reizung durch das eine oder andere Elektrodenpaar hervorgerufen werden konnte. Es möge hier erwähnt werden, dass bei fast allen weiter angeführten Versuchen besondere Beobachtungen angestellt wurden, um zuzusehen dass nicht Stromschleifen bez. unipolare Phaenomene einen Theil der gefundenen Resultate bedingten.

Versuch 1. Als Reiz wurde ein constanter Strom mit dem negativen Pol näher zur Wirbelsäule, angewandt. Die Vergiftung geschah mit $^1/_6$ mgrm Strychninnitrat; 6 Minuten darauf treten bei Reizung Zuckungen in den Extremitäten auf, und nach 8 Minuten ein Krampfanfall von kurzer Dauer; dann wurde das Praeparat verfertigt. Die Länge des ganzen Nervenstammes betrug 55 mm; ein Elektrodenpaar wurde anfangs ganz nahe an die Wirbelsäule gelegt, das andere 17 mm vom M. gastrocnemius entfernt; die intrapolare Nervenstrecke wurde möglichst gleich für jedes Elektrodenpaar gemacht, ungefähr 3 mm. Zur Ausführung der Reizungsversuche wurde 1 Dan. nebst Rheochords angewandt. Bei einer Rheochordlänge von 13 mm wurde von beiden Stellen die gleiche Zuckung von etwa 9 mm hervorgerufen, und bei Verminderung der Reizstärke wurde von keinem der beiden Elektrodenpaare eine Zuckung erzielt. Das der Wirbelsäule nähere Elektrodenpaar wurde daher mehr peripherisch zum Plex. ischiadicus, 12 mm vom untersten Wirbel, verlegt. Bei dieser Anordnung ergab sich:

		Entferntere Stelle.		Nähere Stelle.	
Dan.	Rh.	Schlz.	Oeffn.	Schlz.	Oeffn.
1	10	0	0	8·6	0
1	10	0	0	8·6	0

Hier und im Folgenden ist mit der entfernteren Stelle das gereizte Nervenstück in der Nähe der Fossa poplitea bezeichnet, mit der näheren Stelle wieder die Reizungsstelle am Plexus; die Bezeichnungen Dan., Rh., Schlz. und Oeffnz. haben dieselbe Bedeutung wie oben. Am Praeparat war der M. gastrocnemius auf der gereizten Seite beibehalten, und gab bei Stromschliessung an der entfernteren Stelle eben merkbare, an der näheren Stelle deutliche Zuckung. Schliesslich wurde auch der VIII. Spinalnerv auf der gereizten Seite durchschnitten und die Enden gegen einander gelegt; als darauf der Versuch wiederholt wurde, erfolgte keine Zuckung.

Versuch 2. Als Reizmittel wurde der constante Strom mit dem positiven Pol näher zur Wirbelsäule angewandt; $^1/_8$ mgrm und 10 Minuten darauf, als der erste Krampfanfall eintrat, wurde das Praeparat gemacht. Hier hatte der Nervenstrom eine Länge von 46 mm; die der Wirbelsäule nähere Reizstelle war 12 mm vom untersten Wirbel entfernt; die entferntere 10 mm vom Ende des Nerven. Bei Reizung mit 1 Dan., bei offenem Rheochord, wurde von beiden Stellen ungefähr dieselbe Zuckung, 10 mm erhalten; der Versuch wurde darauf in folgender Weise ausgeführt:

		Entferntere Stelle.		Nähere Stelle.	
Dan.	Rh.	Schlz.	Oeffn.	Schlz.	Oeffn.
1	30 mm	3·9	0	8·9	0
1	30 „	3·5	0	8·8	0

Hierauf wurde auch der VIII. sensible Spinalnerv durchschnitten, und die Enden miteinander in Berührung gebracht; bei jetzt vorgenommener Reizung von der zur Wirbelsäule näheren Stelle erfolgte keine Zuckung.

Versuch 3. Die Reizung geschah mit constantem Strom; die Lage des Pols konnte mittels eines in die Strombahn eingeschalteten Stromwenders verändert werden. 21 Minuten nach der Vergiftung mit $^1/_7$ bis $^1/_8$ mgrm werden Zuckungen in der Extremität hervorgerufen, und um 26 Minuten nach dem erten Krampfanfalle wurde das Praeparat verfertigt. In diesem Versuche wurde das nähere Elektrodenpaar 4—5 mm vom untersten Wirbel applicirt, das entferntere an die Fossa poplitea; im Uebrigen dieselbe Anordnung wie in den früheren Versuchen. Die Reizungsversuche geschahen in folgender Ordnung:

			Entferntere Stelle.		Nähere Stelle.	
Dan.	Rh.	Pol.	Schlz.	Oeffnz.	Schlz.	Oeffnz.
1	2 cm	posit.	4·6	0	5·5	0
1	2 „	„	5·0	0	6·1	0
1	2 „	„	5·6	0		
1	2 „	negat.	0	0	8·0	0
1	2 „	„	0	0	7·5	0
1	2 „	„	0	0	6·3	0
1	2 „	„	0	0	6·7	0

Hier trat also die stärkere Zuckung von der näheren Stelle deutlich hervor, wenn der negative Pol näher zur Wirbelsäule war.

Versuch 4. Inductionsströme werden als Reizmittel angewandt; $^1/_6$ mgrm; 6 Minuten darauf die ersten Vergiftungserscheinungon; das Praeparat wurde 9 Minute nach der Vergiftung ohne vorhergegangenen Krampfanfall angefertigt. Die ganze Länge des Nervenstammes von 54 mm, das eine Elektrodenpaar am Plexus 12 mm vom untersten Wirbel, das andere oberhalb der Fossa poplitea, 12 mm vom Ende des Nerven. Auch hier zeigten sich Schwierigkeiten einen minimalen oder untermaximalen Reiz zu finden; der Versuch wurde daher auf folgende Weise ausgeführt: bei Reizung an der entfernteren Stelle wurde die Lage der secundären Spirale aufgesucht, bei welcher eben keine Reflexzuckung auf der anderen Seite erfolgte (in dieser Lage wurde jedoch der M. gastrocnemius auf derselben Seite gereizt); derselbe Reiz wurde dann auf die nähere Stelle applicirt, wodurch eine Reflexzuckung von 8 mm erhalten wurde. Nach einigen Wiederholungen der Versuche mit nahezu demselben Resultate, wurde auch der VIII. Spinalnerv abgeschnitten; bei jetzt erneuter Reizung wurde auf der anderen Seite keine Zuckung mehr hervorgerufen.

Versuch 5. Als Reizmittel wurde ein Schliessungsinductionsschlag angewandt. 13 Minuten nach der Vergiftung mit $^1/_8$ mgrm traten bei Reizung Zuckungen in den Extremitäten auf, nach 17 Minuten anhaltende Spreizung der Zehen; das Praeparat wurde 18 Minuten nach der Vergiftung ohne vorhergegangenen Krampfanfall angefertigt. Die Länge des ganzen Nerven betrug 55 mm; das nähere Elektrodenpaar befand sich auf dem Plexus, 15 mm von der Wirbelsäule, das entferntere Ende in der Fossa poplitae 10 mm vom Ende des Nerven. Bei einer gewissen Lage der secundären Spirale wurde von der entfernteren Stelle keine Zuckung erhalten, von der näheren Stelle aber eine solche von 8 mm; und bei wiederholten Versuchen die bez. Zuckungen 0 und 8·2, sowie 0 und 8·2 mm. Hierauf wurde auch der VII. sensible Spinalnerv durchschnitten, um zuzusehen, dass die Zuckung nicht auf Stromschleifen oder unipolarer Reizung beruhe.

Versuch 6. Als Reizmittel ein Oeffnungsinductionsschlag. Vergiftung mit $^1/_6$ mgrm; das Praeparat wurde 8 Minuten darauf mit eingetretenem anhaltenden Krampfe verfertigt. Die ganze Länge des Nerven betrug 57 mm; das nähere Elektrodenpaar war 15 mm vom untersten Wirbel, das entferntere nach oben von der Fossa poplitea, 12 mm vom Ende des Nerven. Bei einer gewissen Lage der secundären Spirale wurde von der entfernteren Stelle keine Reflexzuckung auf der anderen Seite erhalten (wohl aber Zuckung auf derselben Seite), dagegen von der näheren Stelle eine Reflexzuckung von 6 mm; bei Wiederholung des Versuches wurden Zuckungen von resp. 0 und 6·5 mm erhalten. Nach Durchschneidung des sensiblen VIII. Spinalnerven und darauf folgender Reizung wurde keine Reflexzuckung erhalten.

In allen diesen Versuchen war die Empfindlichkeit der Praeparate sehr gering; die Schwierigkeit in dieser Versuchsreihe einen minimalen oder untermaximalen Reiz zu finden, beruhte vielleicht auf der Jahreszeit; alle hier mitgetheilten Versuche wurden nämlich im Spätherbst (1884) ausgeführt.

Im Uebrigen zeigen die Versuche, dass die Reflexzuckung verschiedene Grösse annimmt, je nachdem Reize von gleicher Stärke auf verschiedene Stellen des Nervenstammes applicirt werden. Die Erklärung hierfür ist, wie in der oben genannten Mittheilung hervorgehoben wurde, in einer ungleichen Erregbarkeit an den verschiedenen Stellen zu suchen; der erste Theil von Versuch 1 zeigt zugleich, dass die Erregbarkeit vom Rückenmark gegen den Plexus wächst; und die übrigen Versuche zeigen, dass sie vom Plexus zur Fossa poplitea abnimmt. Die Erregbarkeitscurve für sensible Fasern im N. ischiadicus scheint daher ungefähr den gleichen Verlauf zu haben, wie die der motorischen Fasern desselben Nervenstammes. — Selbstverständlich liegt jedoch das Hauptgewicht in diesen und ähnlichen Versuchen nicht auf der Erregbarkeitscurve und ihrem Verlauf, sondern — wie in der oben erwähnten Mittheilung hervorgehoben — darauf, dass die hierher gehörigen Erscheinungen nicht vereinbar sind mit der bekannten Theorie von dem lawinenartigen Anschwellen der Erregung mit der durchlaufenen Wegstrecke.

---

4. Der Einfluss eines Querschnittes auf die Erregbarkeit der sensiblen Nerven.

Jahrzehnte sind verflossen, seitdem Heidenhain fand, dass die Erregbarkeit in einem motorischen Nerven in Folge eines Querschnittes erhöht wird, und dass diese Erhöhung um so grösser ist, je näher der untersuchten

Stelle der Schnitt gemacht wird. Hier untersuchen wir, wann dasselbe Verhältniss sich auch für die sensiblen Nerven nachweisen lässt. Untersuchungen in dieser Beziehung dürften an dem oben beschriebenen Reflexpraeparate ausgeführt werden können.

Anfangs benutzten wir zur Ausführung der Untersuchung Reflexpraeparate von frischen (nicht strychninisirten) Fröschen und als Reizmittel Inductionsströme. Bei diesem Verfahren stösst die Untersuchung jedoch auf grosse Schwierigkeiten, wozu verschiedene Umstände zusammenwirken, vor Allem aber die Nothwendigkeit bei diesem Verfahren relativ starke Reize anzuwenden, und ferner die Schwierigkeit hier untermaximale Reize zu finden oder mit anderen Worten die Eigenschaft der Muskelreflexe sehr schnell zu wachsen und den maximalen Werth zu erreichen, trotzdem die Reizstärke nur wenig erhöht wird. Zugleich — denke ich — hat hier ein anderer Umstand Einfluss; die Erhöhung der Erregbarkeit in Folge eines Querschnittes ist nämlich von geringer Grösse im Vergleich mit dem Widerstande, welchen der Reflexapparat der Uebertragung der Erregung auf den motorischen Nerven entgegensetzt. Indessen scheint es, dass folgender Versuch kaum in anderer Weise gedeutet werden kann, als dass auch unter diesen Verhältnissen eine Erhöhung der Erregbarkeit in Folge eines Querschnittes eintritt.

Versuch 1. Das Reflexpraeparat wurde von einem frischen, eben gefangenen Frühlingsfrosch verfertigt; der Nervenstamm hatte eine Länge von 56 mm, und die Stelle befand sich 13 mm vom untersten Wirbel. Bei einer gewissen Lage der secundären Spirale wurden nach einander die Reflexzuckungen: 0, 7, 7·5 und 9·8 mm erzielt. Hierauf wurde der Nervenstamm in der Fossa poplitea auf 14·5 mm Abstand von dem gereizten Nervenstrecke durchschnitten; bei jetzt vorgenommener Reizung mit demselben Reize erfolgten nach einander die Reflexzuckungen: 11·4, 13·3 und 13·0 mm. — Bei jetzt vorgenommenen Versuchen die Reizstärke herabzusetzen, um darauf den Schnitt näher zur gereizten Stelle zu machen, ergeben sich die Zuckungen 0 oder 12 bis 13 mm, weshalb der Versuch abgebrochen werden musste.

In dem vorigen Theil dieses Versuches kann man, wenn man will, das betreffende Heidenhain'sche Phaenomen sehen. Da die Untersuchungen jedoch auf diesem Wege auf Hindernisse stiessen, so wurde das Praeparat von strychninisirten Thieren gemacht. Die folgenden Versuche 2, 3, 4 und 5 mögen die Resultate zeigen.

Versuch 2. Eben gefangener Frühlingsfrosch; $^1/_6$ mgrm, das Praeparat wurde 10 Minuten darauf, als sich bei Reizung die ersten Vergiftungserschei-

nungen beobachten liessen, verfertigt. Als Reizmittel wurden Inductionsströme angewandt; der Nervenstamm hatte eine Länge von 48 mm; der Abstand zwischen den unpolarisirbaren Elektroden betrug 4 mm, und der Abstand von der intrapolaren Nervenstrecke bis zum untersten Wirbel 15 mm. Die Reizungen erfolgten in folgender Weise: Bei einer gewissen Lage der secundären Spirale erfolgte eine Reflexzuckung von 0·6 mm; als darauf die secundäre Spirale der primären ein wenig genähert wurde, war die Zuckung 8·1; als sie wieder entfernt wurde 1·0, und schliesslich, als sie wieder der primären genähert wurde, 7·8 mm. Bei dieser Lage der secundären Spirale wurde der Nervenstamm in der Fossa poplitea, 15 mm von der intrapolaren Strecke, durchschnitten; und bei der jetzt vorgenommenen Reizung mit dem eben angewandten Reize war die Reflexzuckung 8·4, 8·4 mm. Darauf wurde die Reizstärke vermindert, so dass die Reflexzuckungen in zwei auf einander folgenden Versuchen 4 und 4·4 mm betrugen; hierauf wurde der Nervenstamm 2·5 mm von der näheren Elektrode durchschnitten; — es mag hinzugefügt werden, dass bei dieser, wie bei der vorhergehenden Durchschneidung des Nervenstammes eine Reflexzuckung von maximaler Grösse erfolgte; schliesslich wurde wieder mit dem zuletzt angewandten Reiz gereizt und als Resultat in vier dicht nach einander folgenden Versuchen die Reflexzuckungen: 8·6, 8·1, 7·8 und 7·3 mm erhalten. Der erste Theil des Versuches zeigt, dass auch in diesem Falle ein minimaler Reiz nur sehr wenig erhöht zu werden braucht, damit die Reflexzuckungen beträchtlich zunehmen, und ferner, dass ein Querschnitt in grösserer Entfernung (15 mm) von der untersuchten Stelle nur geringe oder kaum merkbare Zunahme in der Grösse der Reflexzuckung hervorruft. Der letzte Theil wieder zeigt, dass bei Durchschneiden des Nervenstammes ganz in der Nähe (2·5 mm) der untersuchten Nervenstrecke die Reflexzuckung von 4 auf 8 bis 7 mm zunahm; hier zeigte sich also das Heidenhain'sche Phaenomen.

Versuch 3. Ebenfalls am Frühlingsfrosch ausgeführt; $^1/_6$ mgrm; 13 Minuten darauf, als bei Reizung schwacher Tetanus auftrat, wurde das Praeparat verfertigt. Der Nervenstamm hatte eine Länge von 60 mm und die Reizung geschah ungefähr in der Mitte desselben mit Inductionsströmen. Anfangs zeigte sich auch hier die Schwierigkeit einen minimalen Reiz zu finden; bei einer gewissen Lage der secundären Spirale erfolgten nämlich Zuckungen von 6 bis 7 mm Höhe, und bei geringer Herabsetzung der Reizstärke wieder gar keine Zuckungen. Der Versuch wurde darauf folgendermaassen fortgesetzt: bei einer gewissen Lage der secundären Spirale erfolgten dicht nach einander die Reflexzuckungen: 3·5, 0 und 0 erhalten; hierauf wurde der Nerv in 17·2 mm Abstand von der näheren Elektrode durchschnitten;

bei jetzt vorgenommener Reizung mit dem vorigen Reiz ergaben sich die Zuckungen: 9·8 und 5·5 mm in zwei Versuchen. Nun wurde die Reizstärke etwas vermindert, so dass die Reflexzuckungen 4·6, 5·6 mm betrugen; hierauf wurde der Nerv dicht neben der Reizstelle durchschnitten und der Versuch mit dem vorigen Reize erneuert, wodurch Zuckungen von 10·6, 10·7 und 10·4 mm erfolgten.

Auch in diesem Versuche tritt also der Einfluss des Querschnittes hervor, und um so deutlicher, je näher der untersuchten Stelle der Querschnitt angelegt wird; der erste Theil des Versuches deutet zugleich eine plötzlich eintretende, aber schnell vorübergehende Erhöhung der Erregbarkeit an, auch wenn der Querschnitt in weiterer Entfernung von der untersuchten Stelle ausgeführt wird.

Versuch 4. $^1/_6$ mgrm; 12 Minuten darauf, nachdem leichter Tetanus aufgetreten war, Verfertigung des Praeparates. Anordnung dieselbe wie im vorigen Versuche. Die geringste Reflexzuckung, welche erreicht wurde, betrug 6·2 mm; bei Anwendung schwächerer Reize trat nämlich keine Reflexzuckung ein. Hierauf wurde der Nervenstamm dicht neben der gereizten Stelle durchschnitten und bei Anwendung desselben Reizes erfolgten Reflexzuckungen von 7·8, 7·0 und 7·9 mm.

Versuch 5. $^1/_6$ mgrm; das Praeparat wurde 21 Minuten darauf, als sich leichte Vergiftungserscheinungen zeigten, angefertigt. Die Länge des Nervenstammes betrug 59 mm, die Reizungsstelle war 8 mm vom untersten Wirbel entfernt. Bei einer gewissen Lage der secundären Spirale ergaben sich in zwei Versuchen Reflexzuckungen von 1 und 0 mm; hierauf wurde der Nervenstamm in der Fossa poplitea, auf 14 mm Entfernung von dem näheren Pole, durchschnitten; bei darauf vorgenommener Reizung erfolgten nach einander die Zuckungen: 2·9, 4·8 und 5·3 mm. Bei im Uebrigen gleicher Anordnung wurde jetzt der Nerv dicht an der gereizten Stelle durchschnitten, worauf mit dem ursprünglichen Reize die Reflexzuckungen 10·7 und 10·6 mm erfolgten.

Hiermit sehen wir es als bewiesen an, dass der Querschnitt auch in einem sensiblen Nerven eine Erhöhung der Erregbarkeit ebenso wie in einem motorischen zur Folge hat; es muss aber zugleich erwähnt werden, dass es uns nicht immer gelungen ist, das Phaenomen hervorzurufen. Die Ursache des Misslingens der Versuche scheint uns jedoch leicht verständlich; damit die Erscheinungen deutlich hervortreten, müssen die Untersuchungen in dem Stadium der Vergiftung ausgeführt werden, wo die Reflexapparate des Rückenmarkes die Erregungen leicht durchgehen liessen. Dies tritt ein in dem Stadium, das wir oben das erste genannt haben

oder richtiger am Ende desselben; aber die Zeichen, welche uns das Eintreten dieses Momentes andeuten, sind allzu unsicher und dieses Stadium hat nur geringe Dauer. Bisweilen wird daher das Praeparat zu früh gemacht, in anderen Fällen zu spät. Unter solchen Umständen scheint es, dass solchen Versuchen, welche unsichere Resultate geben, keine Bedeutung beizumessen ist, im Vergleich nämlich mit denen, welche positive Resultate geben. — Es mag hinzugefügt werden, dass alle obige Versuche im Frühling (1883) ausgeführt worden sind.

Ueber das Wesen der Blutgerinnung.

Von

C. Holzmann,
Prosector für Zootomie.

(Aus dem pharmokologischen Laboratorium von Prof. Joh. Dogiel zu Kasan.)

Die Untersuchungen von Hewson,[1] H. Nasse[2] und besonders Brücke[3] haben uns gezeigt, dass Abkühlung und Ruhe des Blutes als gerinnungsverzögernde Momente aufzufassen sind. Mandl,[4] Brücke und Kühne[5] brachten Beweise bei, dass das Blut auch beim Luftabschluss gerinnt. Wenn wir somit mit gutem Grund diese rein physikalischen Erklärungsversuche der Blutgerinnung als unhaltbar unberücksichtigt lassen, können wir die in der Literatur vertretenen Ansichten über diesen Process zur leichteren Uebersicht wie folgt gruppiren:

I. Das Fibrin ist ein normaler Blutbestandtheil des Blutes.
   1. Es kommt darin gelöst vor.
   2. Es gehört zu den geformten Blutbestandtheilen.

II. Das Fibrin praeexistirt nicht im Blute. Sein Auftreten ist gleichbedeutend mit seinem Entstehen.
   1. Es entsteht aus den ungeformten Eiweisskörpern des Blutes.

---

[1] Hewson, *Experimental inquiry into the properties of the blood.* London 1827.

[2] Nasse, *Ueber das Blut.* 1836 und Wagner's *Handwörterbuch der Physiologie.* 1842. Bd. I. S. 75.

[3] Virchow's *Archiv.* 1859. Bd. XII. S. 81.

[4] Wagner's *Handwörterbuch der Physiologie.* Bd. I. S. 110.

[5] Kühne, *Lehrbuch der physiologischen Chemie.*

2. Es entsteht aus den geformten Blutelementen.
   a) Das Fibrin liefern rothe Blutkörperchen.
   b) Das Fibrin entsteht aus den farblosen Blutkörperchen und einem ungeformten Eiweisskörper des Blutes.
   c) Das Fibrin bildet sich aus Hämatoblasten.

Durch Senkung der rothen Blutkörperchen sieht man im langsam gerinnenden Blute oben eine farblose Plasmaschicht entstehen. Da letztere für sich ebenso gerinnt wie der Blutkörperchen enthaltende Theil, so hielt Hewson für erwiesen, dass das Fibrin im Blut gelöst vorhanden sei, und nur durch Berührung mit der Luft in den festen Zustand übergehe. Joh. Müller[1] verdünnte Froschblut mit einem gleichen Volumen Wasser oder Zuckerlösung und filtrirte es dann. Das Filtrat gab ein farbloses Gerinnsel. Hierin sah er den Beweiss, dass das Fibrin im Blut gelöst vorkommt. Nach Richardson[2] ist das Lösungsmittel des Fibrins im Blute das Ammoniak. Kann letzteres entweichen, so scheidet sich Fibrin in fester Form aus. Nach den Untersuchungen von Lister[3] und Kühne[4] über diesen Gegenstand ist es überflüssig auf diese Ansicht näher einzugehen. Bei Zimmermann[5] lesen wir: „... dass sich im Plasma ein Contactkörper bildet, der in den Atomen des flüssigen Fibrins die Aenderung in ihrer Lagerung bewirkt, dass es diesen Zustand nicht mehr behaupten kann, sondern in den festen übergehen muss ...“ Für gelöstes Fibrin haben sich auch Matthieu und Urbain[6] ausgesprochen: „Nous pensons donc pouvoir maintenir nos conclusions antérieures: L'acide carbonique est la cause de la coagulation spontanée du sang et, pendant la vie, la fibrine dissoute dans le plasma n'est pas coagulée, parce que le gaz acide, de même que l'oxygéne est combiné aux globules rouges.“ Schon nach Raspail[7] kommt der CO_2 eine active Rolle bei der Blutgerinnung zu: die Kohlensäure soll das freie Alkali des Blutes binden und das seines Lösungsmittels beraubte Fibrin in Folge dessen sich ausscheiden. Für diese Auffassung der Fibrinbildung hat in neuester Zeit Morochowetz[8] plaidirt. Gegenwärtig wird aber der hemmende Einfluss der CO_2 bei der Gerinnung kaum wegzudiscutiren sein, wenn man auch nicht mit Scudamore[9] darin überein-

[1] *Handbuch der Physiologie des Menschen.* 1838.
[2] *Zeitschrift für rationelle Medicin.* 3. Reihe. Bd. V.
[3] *Philosophical Transactions.* 1859. p. 536.
[4] A. a. O.
[5] *Zeitschrift für rationelle Medicin.* 3. Reihe. Bd. III. S. 304.
[6] *Comptes rendus.* Juillet — Décembre 1875. p. 372.
[7] Nasse, *Das Blut.* S. 186.
[8] *Wratsch.* 1884. Nr. 19 u. 20. (In russ. Sprache.)
[9] *Ein Versuch über das Blut.* 1826. S. 85.

stimmen kann, dass das Entweichen der CO_2 die Ursache der Blutgerinnung ist.

Weit einfacher dachten sich die Fibrinbildung jene Autoren, welche das Fibrin zu den geformten Blutbestandtheilen zählten: die Fibrinkügelchen (Addison[1]) oder Körnchen (Milne Edwards[2]) oder die Blutplättchen (Bizzozero[3]) treten in dem ausser Circulation gesetzten Blute aneinander und bilden die Fibrinfasern.

Die Ansicht, dass das Fibrin als solches im Blute nicht vorhanden ist, entspricht schon mehr den gegenwärtigen Erfahrungen über die Blutgerinnung. Diese Ansicht ist durchaus nicht neu. Bei Nasse[4] lesen wir: „Nach Schultz ist der flüssige Faserstoff nicht als solcher, sondern als ein vom Eiweiss chemisch ungetrennter und dabei allein durch die Lebenskraft, nicht durch chemische Ursachen flüssig erhaltener Theil des Plasma im Körper vorhanden ...“ Brücke[5] schreibt: „Fibrin, die Substanz, die durch Zersetzung des Kalialbuminats erhalten wird, Caseïn und die schmelzende Gallerte, die unter der Einwirkung von Säuren aus dem Plasma oder Serum des Pferdes entstand, sind vielleicht eine Reihe von Substanzen, die noch näher mit einander zusammenhängen, als wir bisher geglaubt haben ... Wir haben kein Recht anzunehmen, es existire im Blute des lebenden Körpers eine besondere Substanz, welche den Namen lösliches Fibrin verdient, einen Namen, der nothwendig die Vorstellung erweckt, dass es eine Substanz sei, wesentlich verschieden von Albumin und dessen Verbindungen, und dass diese durch eine blosse Veränderung ihres Aggregatzustandes in geronnenes Fibrin verwandelt wird. Wir müssen anerkennen, dass ein Theil des Blutalbumins in die unlösliche Substanz, Fibrin, umgewandelt wird, welche in mehreren Punkten dem löslichen Albumin ähnlich ist, dass man aus dem gewöhnlichen Hühnereiweiss erhält, wenn man Lieberkühn's festes Kalialbuminat zerlegt.“ Auch Denis[6] nahm an, dass im circulirenden Blute ein Eiweisskörper — Plasmin — sich vorfände. Das Plasmin zerfällt in fibrine concrete und fibrine dissoute, sobald das Blut aus den Blutgefässen tritt. Das Plasmin stellte er aus frisch aus den Gefässen geflossenem Blut durch Fällen mit grosser Menge NaCl dar. Lösst man den weisslichen, klebrigen Niederschlag in 10—20 Volumen Wasser, so gerinnt die Lösung sehr bald.

Die Angaben von Le Canu und Denis, dass aus rothen Blutkörperchen

---

[1] *Lond. med. Gaz.* 1840. 10. Dec.

[2] Joh. Müller, *Handbuch der Physiologie des Menschen.* 1838. S. 184.

[3] Bizzozero, *Di un nuovo elemento morfologico del sangue* etc. Milano 1883.

[4] A. a. O.

[5] A. a. O.

[6] Denis, *Mémoire sur le sang.* Paris 1859.

durch Behandlung mit Salpeter sich Fibrin darstellen lasse, hat Virchow[1] eingehend geprüft und kommt zu dem Schluss, dass der aus den rothen Blutkörperchen erhaltene Eiweisskörper „nicht bloss die physikalischen, sondern auch, soweit die Untersuchungen reichen, die chemischen Eigenschaften des Faserstoffs theilt.“ Van der Horst und Heynsius[2] haben ebenfalls Fibrin aus rothen Blutkörperchen dargestellt. Heynsius versetzte Hühnerblut mit 100 Volumen Wasser und sah dabei zahlreiche Flocken entstehen, welche eine 2—3 Ccm dicke Schicht an der Oberfläche der Flüssigkeit bildeten. Aufgelöst in NaCl-Lösung geben sie eine dickliche, klebrige Flüssigkeit. Zu demselben Zweck verdünnte Heynsius weiter defibrinirtes Blut mit 3 procentiger NaCl-Lösung und behandelte die sich unten absetzenden Blutkörperchen mit Wasser. „Ich liess nun ebenso wie Mayer das Blut durch eine gabelförmige Röhre in zwei Flaschen einströmen. Wenn ich das Fibrin augenblicklich abscheiden wollte, that ich grobe Schrotkörner in die Flasche, um den beim Schlagen fast unvermeidlichen Verlust zu umgehen. In der einen Flasche blieb das Blut unvermischt, in der anderen war eine gewisse Menge (auf 50 Ccm Blut 5 Ccm phosph. Natr.) einer Lösung von phosphorsaurem Natron, die 27 Procent $PO_5\,2Na\,O\,HO$ enthielt.“ Im letzteren Falle erhielt Heynsius stets mehr Fibrin als aus unvermischtem Blut. Ferner vermerkt Heynsius folgenden Versuch:

67·3 Ccm Blut + 10 Ccm Lös. von phosphors. Natr. = 0·56 Procent Fibrin.
70·1 „ „ + 10 „ Wasser = 0·25 „ „

Dass rothe Blutkörperchen an der Fibrinbildung theilnehmen, will Heynsius durch folgenden Versuch beweisen. Er bestimmt die Fibrinmenge im Hundeblut und erhält 0·43 Procent. Aus dem Serum desselben Blutes konnte er durch NaCl 0·48 Procent Globulin fällen, zusammen 0·91 Procent. Eine zweite Portion desselben Blutes wurde in 4 procentiger NaCl-Lösung aufgefangen und, nachdem die rothen Blutkörperchen sich abgesetzt hatten, die Globulinmenge durch NaCl im Plasma bestimmt, wobei er 0·59 Procent erhielt. „Im Hühnerblut, sagt Heynsius, ist die Menge des Fibrins, welche man erhält, allein schon viel grösser, als die Menge der fibrinogenen Substanz, welche man aus dem mit einer Salzlösung von 4 Procent verdünnten Plasma ausscheiden kann. Der Eiweisskörper des Stroma's (das Zooïd) der Blutkörperchen trägt also gewiss zur Bildung des Fibrins bei.“ Heynsius fing ferner Pferdeblut in abgekühlter 1 procentiger NaCl-Lösung auf und stellte es darauf in Eiswasser. Die rothen Blutkörperchen setzten sich alsbald. Sie wurden hierauf in bis auf 0° abgekühltes Serum gebracht, sorgfältig mit letzterem vermischt und in ein warmes Zimmer gestellt. Sehr bald

[1] Virchow, *Gesammelte Abhandlungen.* 1856.
[2] Pflüger's *Archiv* u. s. w. Bd. II u. III.

gerann die ganze Masse, wobei man 1·1 Fibrin erhielt. Die Elementaranalyse dieses Fibrins gab folgende Zahlen: C = 53·4; H = 7·4; N = 16·3; S = 1·2; O = 21·7. Heynsius ist der Ansicht, „dass die fibrinogene Substanz in Verbindung mit anderen Stoffen im lebenden Protoplasma vorkommt und dass diese Verbindung nach dem Tode zerstört wird. Ist das Protoplasma hierbei mit einer Flüssigkeit in Berührung, so nimmt diese, je nach Umständen, einen grösseren oder geringeren Theil der fibrinogenen Substanz oder vielleicht deren Muttersubstanz auf. Der Rest gerinnt im Protoplasma."

Auch G. Semmer[1] gelang es, aus rothen Blutkörperchen des Frosches durch Behandlung derselben mit 0·2 procentiger Natronlösung, Fibrin zu erhalten. Er nahm 2 Portionen Froschblut; eine gerann spontan und lieferte 0·886 Procent Fibrin, die zweite wurde mit 0·2 procentiger Natronlösung behandelt und man erhielt 4·780 Procent Fibrin. Durch Verdünnen des defibrinirten Froschblutes mit 4 — 6 fachem Volumen Aqua destillata erhielt G. Semmer ebenfalls ein sich zusammenziehendes Gerinnsel. Er kommt zu dem Schluss, dass „die fibrinogene Substanz nur aus dem Protoplasma der Blutkörperchen stammen kann." Anzuführen ist noch folgende Stelle: „Wird eine wässrige Fibrinfermentlösung zu dem mit Wasser verdünnten, defibrinirten Blute hinzugefügt, so tritt die Ausscheidung eines Gerinnsels bedeutend rascher ein, als bei einfachem Wasserzusatz." Mantegazza[2] versuchte zu beweisen, dass Mittel, welche rothe Blutkörperchen auflösen, in die Blutbahn gebracht, die Quantität des Fibrins vermehren. Zu diesem Zweck führte er Harnstoff in die Blutbahn eines Kaninchens und zählte hierauf die rothen Blutkörperchen, deren er 3 875 000 pro Cubikcentimeter fand, während die Fibrinmenge 8·089 pro Mille betrug. Das Schwesterkaninchen hatte 5 125 000 rothe Blutkörperchen pro Cubikcentimeter und man erhielt 2·625 pro Mille Fibrin. Die Fibrinbildung aus rothen Blutkörperchen hat Landois[3] unter dem Mikroskop verfolgt. „Bringt man ein Tröpfchen defibrinirten Kaninchenblutes in Froschserum, ohne umzurühren, so erkennt man, dass die Zellen sich dicht aneinander lagern; sie werden klebrig an ihrer Oberfläche und beim Druck auf das Deckgläschen erkennt man, dass nur mit einer gewissen Gewalt das Ankleben gelöst werden kann, wobei oft die sich berührenden Oberflächen der kugelig gewordenen Körperchen fadig ausgezogen werden. Die Zellen werden kugelig und lassen den Blutfarbstoff austreten. Die Entfärbung geht von der Peripherie zum Centrum, bis endlich nur Stroma nachbleibt. An der zähen

[1] Semmer, *Ueber die Faserstoffbildung im Amphibien- und Vogelblut* u. s. w. Inaug.-Diss. Dorpat 1874.

[2] *Centralblatt für medicinische Wissenschaften.* 1868. S. 292.

[3] *Centralblatt für medicinische Wissenschaften.* 1874. S. 419—422.

Stromasubstanz kann man anfänglich noch die Contouren der einzelnen Blutzellen erkennen, allein sobald eine Strömung entsteht, ziehen sich die verklebten Stroma zu zähweissen Fäden und Streifen unter gleichzeitigem Verschwinden der Zellcontouren aus. So kann man Schritt für Schritt die Bildung des Stromafibrins verfolgen."

Bei seinen Untersuchungen über die Ursachen der Geldrollenbildung im Blute fand Joh. Dogiel[1] einen gewissen Zusammenhang zwischen dieser Erscheinung und der Fibrinbildung. Mittel, welche die Blutgerinnung beschleunigen, thun dasselbe auch in Bezug auf die Geldrollenbildung und vice versa. Auf die Einwendung von Rollet, Weber und Suchard wiederholte und erweiterte er seine Untersuchungen.[2] Er bemerkte, dass Zusatz von Blutserum eines Thieres zum defibrinirten Blut eines anderen Thieres (wenn beide verschiedenen Ordnungen des Thierreiches angehören) den rothen Blutkörperchen des letzteren die Fähigkeit Geldrollen zu bilden wieder verleiht. Sogar durch NaCl-Lösung stark veränderte Froschblutkörperchen treten auf Zusatz von Pferdeblutserum zu einzelnen Häufchen zusammen. 8 procentige NaCl-Lösung löst die Geldrollen auf. Fügt man hierauf jedoch Blutserum eines anderen Thieres zu diesem Praeparat, so sieht man die rothen Blutkörperchen alsbald wieder zu Geldrollen zusammentreten. Ein solcher Versuch gelingt an einem und demselben Praeparat mehrere Male nach einander. Da 8 procentige NaCl-Lösung ein gutes Lösungsmittel für Fibrinogen ist, so dienen diese Versuche zum Hinweis auf die Aehnlichkeit des Blutkörperchenstroma's mit Fibrinogen. Im Stroma der rothen Blutkörperchen könnte das Material für Fibrin gegeben sein. Agentien, welche das Stroma ausscheiden, befördern die Geldrollenbildung und das Auftreten von Fäden, welche die noch vorhandenen geformten Blutelemente mit einander verbinden. Schon früher hat Joh. Dogiel[3] bei seinen Studien über die Ozonwirkung gesehen, dass Ozon, durch defibrinirtes Blut geleitet, die rothen Blutkörperchen bis zur vollkommenen Zerstörung verändert. Hiermit im Zusammenhang treten darin Flocken auf, welche, gewaschen, kaum von Fibrin zu unterscheiden sind.

Dass aus rothen Blutkörperchen Fibrin sich darstellen lässt, ist nach dem Angeführten zwar nicht zu bestreiten, diese Thatsachen aber mit spontaner Blutgerinnung in Zusammenhang zu bringen, bleibt jedoch ferneren Versuchen anheimgestellt.

Dass Fibrin seine Entstehung den farblosen Blutkörperchen und einem ungeformten Eiweisskörper des Blutes verdankt, diese Ansicht findet ihren

---

[1] *Dies Archiv.* 1879. S. 222.

[2] *Dies Archiv.* 1883. S. 357.

[3] *Centralblatt für medicinische Wissenschaften.* 1875 Nr. 30. S. 499.

Vertreter in Alex. Schmidt[1] zu Dorpat. Er fand, dass Transsudate in seröse Höhlen spontan nicht, wohl aber auf Zusatz von Blut oder Blutserum gerinnen. Gerinnung der Transsudate bewirkten ebenfalls: Wasser, in welchem die Cornea vom Kalbsauge gelegen hatte; Pulver der Cornea; Wasser, welches durch die Wandung von vorher gut ausgewaschenen Nabelgefässen getrieben war, Speichel, Amniosflüssigkeit, Humor aqueus, Glaskörper und Linsenflüssigkeit. Als Alex. Schmidt darauf constatirte, dass aus stark mit Wasser verdünntem Blutserum durch CO_2 oder schwaches Ansäuern mit Essigsäure ein Globulin herausfällt, worauf dem Blutserum die gerinnungerregende Eigenschaft abgeht, während das Globulin diese Eigenschaft aber besitzt, nannte er letzteres: fibrinoplastische Substanz. Durch ähnliche Behandlung der Transsudate erhielt Alex. Schmidt ebenfalls ein Globulin, welches aber von der fibrinoplastischen Substanz zu unterscheiden ist. Da die Transsudate nach dem Ausfallen dieses Körpers nicht mehr auf Serumzusatz gerinnen, so nannte ihn Alex. Schmidt: fibrinogene Substanz (Fibrinogen). Fibrinogen, in Blutserum aufgelöst, macht letzteres gerinnen. Alex. Schmidt überzeugte sich jedoch bald, das Vermischen der Lösungen von fibrinoplastischer Substanz und des Fibrinogens nicht immer Gerinnung der Mischung zur Folge hat. Weitere Untersuchungen lehrten ihn, dass hierzu noch die Gegenwart von Fibrinferment nothwendig ist. Waren die Fibrinogeneratoren durch Alkali in Lösung gebracht, so ist noch, um Fibrin zu erhalten, ein Zusatz von neutralem Alkalisalz erforderlich. Die Gerinnungstheorie von Alex. Schmidt lautet also: unter der Einwirkung eines specifischen Fermentes, des Fibrinfermentes und bei Gegenwart geringer Mengen von neutralen Alkalisalzen treten zwei gelöste Eiweisskörper, das Fibrinogen und die fibrinoplastische Substanz, zu einem unlöslichen, dem Fibrin, zusammen.

Das Fibrinogen praeexistirt nach Alex. Schmidt in den Körperflüssigkeiten. Die fibrinoplastische Substanz und das Fibrinferment entstehen beim Zerfall der ihren natürlichen Existenzbedingungen entzogenen farblosen Blut-, Chylus-, Lymph-, Eiterkörperchen (überhaupt der lymphoïden, Protoplasma enthaltenden, organisirten Elemente). Um Fibrinferment zu erhalten, „coagulirt man Blutserum mit dem 15—20fachen Volumen starken Alkohols, filtrirt, um die Eiweissstoffe möglichst unlöslich zu machen, frühestens nach 4 Wochen und trocknet das Coagulum, welches das Ferment einschliesst, bei gewöhnlicher Temperatur; dann wird dasselbe fein pulverisirt, mit reichlichen Mengen

[1] *Dies Archiv.* 1861. S. 545 u. 675.; 1862. S. 428 u. S. 533; — *Haematologische Studien.* Dorpat 1805; — *Monatsberichte der königl. Preuss. Akademie der Wissenschaften zu Berlin.* 1862. S. 360 u. 705. — Pflüger's *Archiv* u. s. w. Bd. V. S. 481; Bd. VI. S. 413; Bd. IX. S. 353; Bd. XI. S. 291 u. 515; Bd. XIII; — *Lehre von den fermentativen Gerinnungserscheinungen.* Dorpat 1876.

Wasser angerührt und nach etwa 5—10 Minuten filtrirt. Das Filtrat enthält Fibrinferment neben Spuren von Salzen und sehr geringen Mengen von unveränderter fibrinoplastischer Substanz. Die letztere wird nämlich durch den Alkohol zwar zusammen mit dem Albumin vollständig gefällt, aber nur theilweise coagulirt. Bei der Extraction mit Wasser löst sich nun der uncoagulirt gebliebene Theil unter Mitwirkung der vom Coagulum eingeschlossenen Alkalien und Salze wieder auf und geht in das Filtrat über; man beseitigt diese Verunreinigung durch Fällen mittelst CO_2, Filtriren durch 2—3fach zusammengelegtes Papier und Entfernung der im Filtrat enthaltenen überschüssigen Kohlensäure durch das Vacuum. Lässt man den Alkohol einige Male auf das Coagulum einwirken, so gehen so geringe Mengen dieser Substanz in das Wasserextract über, dass sie nicht mehr in Betracht kommen. Die wirksamsten Extracte liefert das sehr fermentreiche Rinderblutserum." Zur Darstellung der Fibrinogeneratoren hat Alex. Schmidt folgende vier Methoden angegeben. „1) Vorsichtige Mischung mit geringen Mengen von Alkohol bis zu eben beginnender Coagulirung des Albumins; der Niederschlag entsteht hierbei aber sehr langsam, etwa im Verlauf von 1 — 2 Tagen und die Fällung ist keine erschöpfende. 2) Verdünnung mit etwa 15 Theilen Wasser und Ansäuern mit CO_2 oder mit einer verdünnten fixen Säure (etwa 1·35 Ccm Essigsäure von 25 Procent zu 10·0 Ccm Rinderblutserum); diese Methode giebt nur für die fibrinoplastische Substanz eine erschöpfende Fällung. 3) Auflösung von Kochsalz in den Flüssigkeiten bis zur völligen Sättigung damit. Die durch Filtriren abgetrennten Niederschläge lösen sich in Wasser vermöge des von ihnen zurückgehaltenen Kochsalzes. 4) Neutralisiren der Flüssigkeiten und Entfernung ihrer alkalischen und neutralen Mineralbestandtheile durch 3 bis 10stündige Dialyse dünner Schichten bei etwa $^1/_2$—1stündlichem Wechsel des äusseren Wassers. Die ihrer Lösungsmittel auf diese Weise zum grössten Theil beraubten Substanzen scheiden sich schon im Dialysator aus; vervollständigt wird ihre Ausscheidung, indem man nach ihrer Entfernung aus dem Dialysator einen kurzdauernden Kohlensäurestrom durchleitet, wobei, je nach der Dauer der Dialyse, entweder gar keine oder eine sehr geringe Verdünnung mit Wasser erforderlich ist. Durch die beiden letzten Methoden kann man ein erschöpfende Fällung der in Rede stehenden Substanzen bewirken.

Wenn in einer plastischen Flüssigkeit (welche Fibringeneratoren und Fibrinferment enthält) kein neutrales Alkalisalz vorhanden ist, so entsteht kein Fibrin, sondern nur eine Vorstufe desselben, das sogenannte Zwischenproduct. Geringer Zusatz von Kochsalz zu einer gesättigten, alkalischen Lösung dieses Zwischenproductes führt eine Umwandlung in Fibrin herbei.

Nach dieser Theorie ist der Gerinnungsprocess ein sehr verwickelter.

Das Fibrinferment oder vielmehr seine Wirkung weicht von der gewöhnlichen Vorstellung der Fermentwirkung bedeutend ab. Bei der Fermentation sahen wir bisher zusammengesetzte Körper in einfachere zerfallen, unlöslichere in löslichere übergehen. Das Fibrinferment führt dagegen zwei lösliche, für sich schon sehr complicirte Körper in einen weniger löslichen über. Nichtsdestoweniger wurde diese Vorstellung über die Blutgerinnung bald zur herrschenden.

Niemand wird Alex. Schmidt das Verdienst absprechen können diese Frage in richtige Bahn eingelenkt, sie der wissenschaftlichen Bearbeitung zugänglich gemacht zu haben. Die Modification, welche die Gerinnungstheorie von Alex. Schmidt erfahren muss, bringen nur bessere Untersuchungsmethoden mit sich. O. Hammarsten[1] gelang es nämlich in $MgSO_4$ ein Mittel zu finden, welches uns über die ganze Menge der fibrinoplastischen Substanz im Blutserum, oder irgend einer anderen Lösung Aufschluss zu geben vermag. Jetzt war es ihm leicht nachzuweisen, dass keine der von Alex. Schmidt angegebenen Methoden eine erschöpfende Fällung der fibrinoplastischen Substanz giebt. So giebt Alex. Schmidt für fibrinoplastische Substanz im Pferdeblutserum 0·54 Procent, Hammarsten jedoch 4·565 Procent an. Ferner wies Hammarsten fibrinoplastische Substanz in allen Flüssigkeiten nach, die nach Alex. Schmidt nur Fibrinogen enthalten sollten. Da er die von Alex. Schmidt der fibrinoplastischen Substanz zugeschriebene Rolle durch seine Versuche nicht bestätigt fand, so möchte er diese Substanz nach dem Beispiel Kühne's Paraglobulin genannt wissen. Er resumirt seine Versuche über diesen Gegenstand folgendermaassen: „1. Das Paraglobulin ist für die Gerinnung nicht absolut nothwendig. 2. Die von Alex. Schmidt angenommene Wechselbeziehung zwischen beiden Globulinen existirt nicht. 3. Das Paraglobulin geht nicht in den Faserstoff über." Von grösster Bedeutung für die fernere Bearbeitung der Gerinnungsfrage ist die von Hammarsten empfohlene Methode zur Reindarstellung von Fibrinogen aus Blutplasma. Das Blut (vom Pferd) wird zu diesem Zwecke durch Salz ($MgSO_4$) oder Kälte flüssig erhalten, die Blutkörperchen durch Filtration vom Plasma getrennt, letzteres mit gleichem Volumen Na Cl-Saturation versetzt, worauf das Fibrinogen ausfällt. Durch wiederholtes (2—3 maliges) Auflösen (in 8 procentiger Na Cl-Lösung) und Ausfällen mit Na Cl-Saturation wird das Fibrin dann gereinigt und schliesslich in destillirtem Wasser aufgelöst (wobei das beim letzten Ausfällen von Fibrinogen mit eingeschlossene Kochsalz zur Auflösung genügt). Eine solche Fibrinogenlösung zeigt auf Fibrinfermentzusatz eine typische

[1] Pflüger's *Archiv* u. s. w. Bd. XIV. S. 211; Bd. XVII. S. 413; Bd. XVIII. S. 38; Bd. XIX. S. 563; Bd. XXII. S. 431.

Gerinnung. Dem Vorwurf, dass seinem Fibrinogen Paraglobulin beigemischt sein könnte, begegnet Hammarsten mit einer Reihe von Versuchen. „Beweisender ist folgender Versuch, in welchem wiederum von dem Blute 4 Volumen mit 1 Volumen $MgSO_4$-Saturation vermischt wurden und in welchem auch als Endproduct ein mit ganz paraglobulinfreier Fermentlösung schön gerinnendes Fibrinogen erhalten wurde. Das $MgSO_4$-Plasma enthielt nach der MgSO-Methode bestimmt) in diesem Falle 2·485 Procent Globulin. Die Menge des Fibrinogens (durch Erwärmen von dem $MgSO_4$-Plasma auf + 56° C. nach Fredericq bestimmt) war 0·239 Procent und die Menge des Paraglobulins in dem Plasma konnte also nicht mehr als 2·246 Procent betragen. Die Menge des Paraglobulins in dem entsprechenden $MgSO_4$-Serum war 2·814 Procent und dieses Serum enthielt also mindestens 0·568 Procent Paraglobulin mehr als das $MgSO_4$-Plasma. Das Mg-SO_4-Serum gab nun mit gleichem Volumen NaCl-Saturation versetzt erst nach 3 Stunden eine deutliche Fällung, und die Menge des Niederschlags, der zwei Tage später abfiltrirt wurde, war 0·076 Procent. Von den 0·568 Procent Paraglobulin, welche das $MgSO_4$-Serum mehr als das entsprechende $MgSO_4$-Plasma enthielt, wurden also nur 0·076 Procent durch NaCl-Saturation ausgefällt, und es ist also ganz unverständlich, wie in diesem Falle eine Verunreinigung mit Paraglobulin hätte stattfinden können."

Hammarsten sieht die Gerinnung als einen fermentativen Process an, bei welchem das Fibrinogen eine derartige Spaltung erfährt, dass ein unlöslicher, stickstoffreicherer Stoff (Fibrin) sich ausscheidet und ein stickstoffärmerer in geringer Menge gebildeter Eiweisskörper in Lösung bleibt. Die Mittelwerthe seiner sehr sorgfältig ausgeführten Elementaranalysen lauten:

	C.	H.	N.	S.	O.
Fibrinogen	52·93	6·90	16·66	1·25	22·26
Fibrin	52·68	6·83	16·91	1·10	22·48
Lösl. Spaltungsproduct	52·84	6·92	16·25	1·03	22·96
Paraglobulin	52·71	7·01	15·85	1·11	23·32

Trotz der scheinbaren Aehnlichkeit der Theorien von Hammarsten mit der von Denis geht doch Morochowetz[1] zu weit, wenn er beide für gleich erklärt, denn das Plasma von Denis kann man doch nicht mit dem Fibrinogen von Hammarsten identificiren.

Die Ansicht, dass das Fibrin aus Haematoblasten entsteht, vertritt Hayem.[2] So lange diese zarten geformten Blutelemente intact bleiben, ist

[1] A. a. O.

[2] *Union médicale* 1882. — *Comptes rendus.* 1877 et 1882; — *Recherches sur l'anat. norm.* etc. Paris 1878; — *Leçon sur les Modifications du sang.* Paris 1882.

letzteres auch flüssig, mit der Verklebung und Zerstörung der Haematoblasten soll auch die Gerinnung einhergehen. Zugleich behauptet Hayem, dass die farblosen Blutkörperchen keinen Antheil an der Blutgerinnung haben, da ihre Zahl mit der Gerinnung nicht abnimmt. „Une jugulaire externe (d'un cheval) ayant été laissée suspendue verticalement dix-huit heures, on retire, en ponctionnant la veine au niveau de la couche plasmatique, un liquide citrin, clair, qui, examiné immédiatement au microscope, ne laisse voir que de très rares globules blancs. Au bout d'environ une heure (température extérieure 17° C) la préparation contient un riche réseau filamenteux, et cependant les globules blancs ne sont ni détruits ni altérés; autour de quelques uns d'entre eux, les filaments de fibrine sont plus serrés, mais pareil fait se remarque souvent autour d'un corps étranger quelconque."

In neuester Zeit hat Laker[1] die ersten Gerinnungserscheinungen des Säugethierblutes unter dem Mikroskop geprüft und gelangt zum Schluss, dass die erste Bildung des Fibrins vom Plasma und nicht von den körperlichen Elementen des Blutes ausgeht. Breitet man einen Blutstropfen zwischen Object und Deckglas aus, so ist die primäre Fibrinmembran durchaus structurlos und die körperlichen Elemente hängen ihr nur an. Durch Zerrung, Verschiebung des Deckgläschens u. s. w., also durch rein zufällige Einflüsse entstehen Falten und Risse: das Fibrin erhält die seinem Namen entsprechende Form. Hierauf haben schon Nasse,[2] Anderson[3] und Virchow[4] hingewiesen. Bei Virchow lesen wir: „Eine grosse Reihe wiederholter Untersuchungen hat mir gezeigt, dass das Faserstoffgerinnsel zunächst eine durchaus gleichmässige structurlose Masse ist, an der nur durch Faltung der Oberfläche, durch Einreissen oder Aufrollen vom Rande her der Anschein von Fasern entsteht. Diese Versuche sind sowohl mit frischem Blut und frischen gerinnbaren hydropischen Flüssigkeiten angestellt, als auch mit Blut, welches in Salzlösungen geflossen war, um die Gerinnung zu hindern; sie sind ebenso unter dem Deckglase, als auf dem freien Objectglase wiederholt worden. Nach vollendeter Gerinnung hat man eine durchaus gleichförmige und durchsichtige, zitternde Gallerte, in welcher die leichteren Zellen und Körnchen in verschiedenen Höhen schweben und deren Vorhandensein sich eben nur durch diese in einer bestimmten Lage suspendirten Körperchen erkennen lässt. . . . Es ist demnach zum Theil willkürlich, ob man glatte, gefaltete oder gefaserte Gerinnsel haben will. Jede

---

[1] *Wiener Sitzungsberichte.* 1884. Bd. XC. Abth. III.
[2] Nasse, *Das Blut.* S. 40; — Müller's *Archiv.* 1841.
[3] Froriep's *Notiz.* 1844. S. 676.
[4] Virchow, *Gesammelte Abhandlungen.* 1856.

Erschütterung, jede ungleichmässiche Bewegung, jedes Verschieben der einzelnen Theile des Gerinnsels zu einander bedingt eine Faltung, welche sich bei einer dicken Schicht auf die Oberfläche beschränkt, bei einer membranartigen Ausbreitung durch die ganze Dicke derselben reicht. Die Falten sind bald sternförmig, bald netzartig, bald mehr parallel, stets aber als äusserst feine, glatte Linien erkennbar. . . . Alle wirkliche Faserstoffgerinnung beginnt mit einem gallertartigen Stadium, in welchem die geronnene Masse gar keine körperlichen Theile, als die von dem Gerinnsel eingeschlossenen erkennen lässt."

Diese kurze Uebersicht der Entwickelung und des gegenwärtigen Zustandes der Gerinnungsfrage beweist zur Genüge, weshalb man sie für nichts weniger als abgeschlossen erklären kann, zugleich giebt sie uns den Plan zur weiteren Untersuchung.

Einzuschalten ist hier, dass eine Charakteristik des Fibrins, welche diesen Eiweisskörper von den ihm ähnlichen stets zu unterscheiden erlaubt, zur Zeit fehlt. Das Pseudofibrin Brücke's, das Stromafibrin Landois', der aus den rothen Blutkörperchen erhaltene Eiweisskörper, der nach Virchow, Heynsius, Joh. Dogiel und G. Semmer von Fibrin nicht zu unterscheiden ist, bezeugen das Gesagte. Weiter wird der durch CO_2 in Globulinlösung erzeugte Niederschlag von Morochowetz Fibrin genannt. Ferner ist nach Hammersten und Fredericq die bei $+56^{\circ}$ C. sich aus einer Fibrinogenlösung ausscheidende Eiweisssubstanz gleichbedeutend mit Fibrin. Bei unseren gegenwärtigen Kenntnissen über das Fibrin können wir unmöglich ein endgültiges Urtheil hierüber uns erlauben. Uns erscheint es, dass wir vorläufig nur dann von Fibrin sprechen können, wenn es vor unseren Augen entsteht und gewiss wären mehr übereinstimmende Resultate über diesen Gegenstand verzeichnet, wenn man stets von der Forderung Virchow's Notiz genommen hätte: „keinen Stoff als einen coagulablen zu bezeichnen, der nicht wenigstens die Möglichkeit einer Sammlung seiner ausgeschiedenen, ungelöst gewordenen Theile besitzt, ohne dass diese Sammlung in einem blossen Niederschlage besteht oder in eigentlich krystallinischer Form erfolgt."

Eine weitere Bearbeitung der Gerinnungsfrage musste also von der Darstellung eines Eiweisskörpers ausgehen, dessen Lösung spontan nicht, wohl aber durch gewisse Agentien gerinnt. Unter Gerinnung ist natürlich zu verstehen, dass die Flüssigkeit die Consistenz einer Gelée annimmt, welche das Gefäss, worin die Gerinnung vor sich geht, umzukippen erlaubt, ohne dass etwas vom Inhalt verschüttet wird. Nach einiger Zeit muss sich das Gerinnsel zusammenziehen, der Gefässinhalt also in einen festeren und einen ganz flüssigen Theil zerfallen, kurz und gut, der ganze Gerinnungsprocess dem des Blutes unter gewöhnlichen Verhältnissen gleichen.

Mit Recht käme einem solchen Eiweisskörper die Bezeichnung „Fibrinogen“ zu.

Hiernach könnte man zum Studium der Bedingungen, welche die Fibrinogenlösung gerinnen machen, übergehen. Von grösster Bedeutung wären ferner Aufschlüsse über die Abstammung des Fibrinogens und die Vorgänge en détail bei der Umwandlung dieses Körpers in Fibrin. Unbedingt nothwendig sind auch noch Untersuchungen über das Fibrin selbst behufs seiner Erkennung und Unterscheidung von anderen ihm ähnlichen Eiweisssubstanzen. Wünschenswerth waren schliesslich mehr systematische Beobachtungen über die Gerinnung des Blutes unter dem Einfluss verschiedener Agentien; denn ohne solche ist das in der Litteratur vorhandene Material gar nicht zu sichten, folglich für unsere Erkenntniss unbrauchbar.

Auf Vorschlag und unter Leitung von Prof. Joh. Dogiel habe ich in angegebener Richtung die Frage über die Ursache der Blutgerinnung zu bearbeiten angefangen.

1. Das Fibrinogen.

Aus Pferdeblut erhielt ich wirklich nach den von Hammarsten empfohlenen Methoden ein Globulin, dessen wässrige Lösung (mit geringer Menge NaCl) spontan nicht gerann. Der Zusatz von einigen Tropfen defibrinirten Blutes oder Blutserums von irgend einem Thier genügte jedoch, um die ganze Lösung des Globulins in eine Gallerte zu verwandeln; diese haftet an den Wänden des Gefässes, worin die Gerinnung stattfindet, so fest, dass letzteres umgekehrt werden kann, ohne dass der Inhalt herausfliesst oder fällt. Löst man die Gallerte vorsichtig von der Gefässwandung und schüttet sie heraus, so sieht man sie die Form des Gefässes beibehalten. Lässt man das Gefäss mit der Gallerte ruhig stehen, so erfolgt nach kürzerer oder längerer Zeit eine Contraction des Gerinnsels: es löst sich von den Gefässwandungen los, indem sich farblose Flüssigkeit zwischen ihm und den letzteren ansammelt, in welcher es schliesslich schwimmt. Dieser Körper verdient also mit vollem Recht den von Virchow, Alex. Schmidt und Hammarsten vorgeschlagenen Namen Fibrinogen. War die Gerinnung der Fibrinogenlösung durch Blutserum herbeigeführt, so wird die durchsichtige Gallerte mit der Contraction zugleich undurchsichtiger. Mikroskopisch ist das Gerinnungsproduct von Fibrin nicht zu unterscheiden. Man ersieht also, dass die Prüfung, ob eine Fibrinogenlösung zu ferneren Versuchen tauglich ist, durch Zusatz von Blut oder Blutserum vorgenommen werden kann: sie muss danach eine vollkommene Gerinnung, wie sie soeben

beschrieben wurde, geben. Zu Demonstrationsversuchen kann man sich ohne grosse Mühe Fibrinogenlösung folgendermaassen verschaffen. Drei Volumen Pferdeblut werden in einem Volumen 25 procentiger, auf 0° C. abgekühlter $MgSO_4$-Lösung unter vorsichtigem Umrühren aufgefangen und das Gemisch an einen kühlen oder vielmehr kalten Ort hingestellt. Nach circa 12 Stunden hat man im Gefäss zwei Schichten: eine obere citronengelbe und eine untere Blutkörperchen enthaltende. Die obere (Magnesiumsulfatplasma) wird vorsichtig und nicht ganz, um Beimengung rother Blutkörperchen möglichst zu vermeiden, abgehoben und mit gleichem Volum abgekühlter NaCl-Saturation versetzt. Der lockere Niederschlag sammelt sich theils oben, theils unten an. Ist das Gefäss im Eiswasser, so ist das letztere häufiger der Fall. Die Flüssigkeit wird weg pipettirt oder vermittelst eines Hebers entfernt und durch halbgesättigte, abgekühlte NaCl-Lösung ersetzt. Letztere Procedur wiederholt man 4—5 mal. Zum schneeweissen Fibrinogen kommt jetzt Aqua destillata, in welchem es sich mit Hülfe des eingeschlossenen Salzes löst. Fällt man jetzt nochmals mit NaCl-Saturation, sammelt den Niederschlag auf einem Filter und löst darauf im destillirten Wasser, so hat man eine Fibrinogenlösung von oben angegebenen Eigenschaften. Diese Fibrinogendarstellung weicht nicht wesentlich von der dritten Methode Hammarsten's ab, nur fällt hierbei die höchst umständliche Filtration des Gesammtblutes fort, die ganze Procedur wird somit einfacher.

Noch muss ich anführen, dass der Gesundheitszustand nicht ohne Einfluss auch auf das Fibrinogen bleibt. Bei einem Versuchspferd waren sehr tiefe Widerristfisteln vorhanden. Die gewöhnliche Darstellung des Fibrinogens gab ein Product, welches auf Zusatz von destillirtem Wasser gerann. Das $MgSO_4$-Plasma war ganz milchig. Auch von sehr jungen Thieren ist das Plasma trüb und weisslich. Die Darstellung des Fibrinogens muss in solchen Fällen schnell vor sich gehen, das Material stark abgekühlt sein und bei der Reinigung des Fibrinogens sind Verluste nicht zu scheuen, d. h., wie Hammarsten auch angiebt, grössere Klümpchen und Zusammenballungen der Fibrinogenflocken werden vor dem Auflösen in Wasser entfernt.

Bei den Versuchen über die Gerinnung des Fibrinogens auf Zusatz von Blutserum erwies es sich, dass verschiedene Fibrinogenlösungen auf Zusatz von Blutserum von verschiedenen Thieren nach verschieden langer Zeit gerinnen. Der Grund hiervon kann in der Fibrinogenlösung, aber auch im Blutserum oder wohl in beiden zugleich liegen. Soweit dem wechselnden, nicht ohne directen Versuch voraus zu bestimmenden Salzgehalt der Fibrinogenlösung ein Einfluss zukommt, liegt die Ursache der verschiedenen Gerinnungsdauer in der Fibrinogenlösung. Bei mir ist folgender Versuch notirt:

Nummer des Versuchs.	Quantität der Fibrinogen-lösung. Ccm.	Quantität des Pferdeblut-serums. Ccm.	Quantität des zugesetzten Aqu. dest. Ccm.	Nach welcher Zeit die Ge-rinnung eintrat.	Anmerkung.
1	5	—	5	—	Zur Controle.
2	5	5	5	20 Stunden	
8	5	5	—	—	Die Gerinnung trat ein nach Zusatz von 5 Ccm destillirten Wassers.

Eine directe Bestimmung des Na Cl-Gehalts der Fibrinogenlösung habe ich nicht vornehmen können.

Dem Blutserum kommt ebenfalls ein Einfluss auf die Zeit, wann die Gerinnung eintritt, zu:

Nummer des Versuchs.	Quantität der Fibrinogen-lösung. Ccm.	Quantität des Blut-serums. Ccm.	Welchem Thier das Blutserum angehörte.	Nach welcher Zeit die Gerinnung eintrat.	Bemerkungen.
1	5	—	—	—	$\widehat{aa}$ mit Aqua destill. zur Controle.
2	5	5	Pferd	Nach 19 Std.	Das Fibrin war in allen Versuchen gleich.
3	5	5	Kaninchen	„ 4 h 32′	Die Beobachtungen wer-den bei 17—19° C. an-gestellt.
4	3	3	Frosch	„ 2 h 40′	
5	5	5	Hund	„ 2 h	

Wenn wir uns erinnern, dass das Blutserum einer Thiergattung die rothen Blutkörperchen einer anderen auflöst (Landois, Joh. Dogiel) und zwar verschieden schnell, so gewinnt das Verhalten des Blutserums verschiedener Thiere zur Fibrinogenlösung aus dem Pferdeblute noch mehr an Interesse. Dogiel[1] sagt: „Diese Geldrollenbildung und Auflösung der rothen Blutkörperchen unter den angegebenen Umständen tritt um so schneller ein, je grösser die Differenz der Thiere, von denen das defibrinirte Blut bez. das Blutserum genommen ist (Kaninchen—Hund, Kaninchen—Frosch; Hund — Frosch).“ Ferner gehört hierher die Beobachtung von Nasse,[2] welcher ungeronnenes Blut einer Frauenleiche durch Zusatz von Schweineblut zum Gerinnen brachte. Die Wirkung des fremdartigen Blutserums erstreckt sich also auch auf das Fibrinogen. Sollte das nicht auf die Abstammung des Fibrinogens aus den geformten Blutelementen (rothen) hinweisen?

[1] *Dies Archiv.* 1883. S. 362.

[2] Wagner's *Handwörterbuch der Physiologie.* Bd. I. S. 116.

2. Das Fibrinferment.

Das nach der früher angegebenen Methode von Alex. Schmidt bereitete Fibrinferment machte die Fibrinogenlösung gerinnen.

Nach Alex. Schmidt bildet sich das Fibrinferment beim Zerfall der ihrer natürlichen Existenzbedingungen entzogenen farblosen Blutkörperchen. Da letztere vor dem Zerfall abgestorben sein müssen, so zerfällt nicht das Blutkörperchen, sondern nur eine Proteïnsubstanz. Nun haben sich M. Traube[1] und Liebig[2] schon lange dahin ausgesprochen, dass die Fermente beim Zerfall der Proteïnsubstanzen entstehen. Seegen und Kratschmer[3] bestätigen die Meinung von Abeles,[4] dass das Leberferment ein postmortales Product ist. Wittich[5] meint: „Dass dieses Ferment nicht das Product des Zellenlebens im Drüsenparenchym selbst oder doch nicht allein sein kann, dass es vielmehr ein dem allgemeinen Stoffwechsel seine Entstehung verdankender Körper sei.“ Lépine[6] fand in allen Körperorganen mit Ausnahme der Krystalllinse einen diastatischen Stoff. Krystalllinse, sich zersetzend, giebt ebenfalls zuckerbildendes Ferment. Nach Cl. Bernard[7] giebt Haemoglobin beim Zersetzen ein diastatisches Ferment. Wenn Bauchspeicheldrüsen 2—3 Tage bei genügendem Wasser und Zimmertemperatur stehen, liefern sie mehr Trypsin. Nikolski[8] erhielt Trypsin aus Fibrin, Eiter, gekochtem Eiweiss, wenn diese Körper sich unter gewissen Bedingungen zersetzten. Alles das führte mich zur experimentellen Prüfung, ob das Fibrinferment nur dem Blut eigenthümlich oder ein Zersetzungsproduct der Proteïnsubstanzen ist.

Zu diesem Zweck liess ich Hühnereiweiss, für sich oder mit Wasser angerührt, in offenen, nur mit Fliesspapier bedeckten Gläsern bei 17—19° C. 8—30 Tage stehen. Von Zeit zu Zeit werden Portionen mit grosser Menge Alkohol gefällt, der Niederschlag getrocknet und mit reinem Glycerin verrieben. Nach einigen Tagen schüttete ich das Glycerin auf ein Filter und fing das Filtrat in Alkohol auf, weil hierdurch jeder Tropfen unter den Einfluss einer grösseren Menge Alkohols geräth, somit eine ergiebigere Fällung der von Glycerin gelösten Eiweissstoffe und des Ferments erzielt

---

[1] Traube, *Theorie der Fermentwirkungen.* Berlin 1868.

[2] *Annalen der Chemie nnd Pharmacie.* Bd. CXIII. Hft. 1.

[3] Pflüger's *Archiv* u. s. w. Bd. XIV. 1877. S. 593.

[4] *Medicinische Jahrbücher.* 1876. Hft. 2.

[5] Pflüger's *Archiv* u. s. w. Bd. III.

[6] *Berichte der königl. sächsischen Gesellschaft der Wissenschaften.* Oct. 1870.

[7] Bernard, *Leçons de Physiologie expérimentale.* 1856. T. II.

[8] Zur Darstellung des Trypsin und seine praktische Anwendung. *Protokoll des naturwissenschaftlichen Vereins zu Kasan.* 1884. (In russ. Sprache.)

wird. Die von Nikolski beschriebene Vorrichtung zur Erlangung der Zersetzungsproducte von Proteïnsubstanzen erwies sich jedoch als viel einfacher und ergiebiger zur Gewinnung des mir nöthigen Materials. Ein fingerdickes, 30—40 cm langes Glasrohr wird an einem Ende zugelöthet und ca. 10 cm vom zugeschmolzenen Ende etwas ausgezogen, folglich verengt. Vom freien Ende aus kommen auf diese verengte Stelle einige Glasscherben und darauf feingeschnittenes, gekochtes Hühnereiweiss. Hierauf wird das andere Ende auch verlöthet und das Rohr mit der kürzeren, leeren Abtheilung nach unten im Zimmer aufgestellt. Nach 3 — 4 Tagen fängt sich unten eine etwas trübe Flüssigkeit anzusammeln. Bei meinen Versuchen kam nun diese „Zersetzungsflüssigkeit aus gekochtem Hühnereiweiss direct zur Verwendung oder sie wurde erst mit Alkohol gefällt, der Niederschlag über Schwefelsäure getrocknet und mit Wasser extrahirt, filtrirt und das Filtrat angewendet. Die Glycerinextracte aus sich zersetzendem Hühnereiweiss gaben ein unbefriedigendes Resultat. In der Fibrinogenlösung, zu welcher ein solches Extract hinzugefügt wurde, bildete sich ein durch die ganze Flüssigkeit verbreiteter Flor, der sich spontan oder auf Bewegungen des Versuchsgefässes (Reagensgläschens) zu einem Klumpen zusammenballte und bei mikroskopischer Untersuchung sich als aus Fasern bestehend erwiess. Diese Art der Gerinnung werde ich fernerhin als „wolkige Gerinnung“ bezeichnen. Mit den „Zersetzungsproducten aus gekochtem Hühnereiweiss“ erhielt ich jedoch stets typische Gerinnung der Fibrinogenlösung. (Siehe die Tabelle auf S. 227.)

Anzuführen ist, dass verschiedene Dauer der Zersetzung des gekochten Hühnereiweisses in der Glasröhre verschieden wirksame Producte in Bezug auf die Gerinnungserregung zu liefern scheint. Das Wasserextract aus dem Muskelniederschlag der Zersetzungsflüssigkeit vom 5., 7. und 9. Tage der Zersetzung gab „wolkige Gerinnung“, während das vom 11. Tage nach 9 Stunden und das vom 13. und 19. Tage nach 23 Stunden typische Gerinnung gaben. Bearbeitet man Hühnereiweisslösung nach der Methode zur Gerinnung von Fibrinferment aus dem Blutserum von Alex. Schmidt, so erhält man (in meinen Versuchen nach 30tägiger Einwirkung des Alkohols) ebenfalls ein wirksames Product in dem Sinne, dass die Fibrinogenlösung auf Zusatz des Wasserextractes daraus typische Gerinnung giebt. Sogar filtrirte Lösung nicht ganz frischen Hühnereiweisses gab typische Gerinnung nach 21 Stunden.

Ferner sah ich typische Gerinnung der Fibrinogenlösung (10 ccm) auf Zusatz von Frauenmilch (3 Tropfen) aus dem 3. Lactationsmonat nach 1^h 37′, während dieselbe Fibrinogenlösung mit Hundeblutserum nach 2^h 22′ gerann.

Nummer des Versuchs.		Quantität der Fibrinogenlösung. Ccm.	Was zur Fibrinogenlösung hinzugefügt wurde.	Nach welcher Zeit die Gerinnung erfolgte.	Bemerkungen.
I	1	5	5 Ccm Aqua dest.	—	Zur Controle.
	2	5	5 Ccm Pferdeblutserum.	Nach 1 h 34′	
	3	3	3 Ccm Zersetzungsflüssigkeit aus gekochtem Hühnereiweiss.	Nach 19 Std.	Gekochtes Hühnereiweiss kam in das Rohr den 12. März; die Zersetzungsflüssigkeit wurde daraus am 15. April 1884 genommen.
II	1	5	5 Ccm Aqua dest.	—	Zur Controle.
	2	3	3 Ccm Serum von Schildkrötenblut.	Nach 1 h 30′	
	3	3	3 Ccm Zersetzungsflüssigkeit aus gekochtem Hühnereiweiss.	Nach 3 h 30′	Gekochtes Hühnereiweiss kam in das Rohr den 13. März; die Zersetzungsflüssigkeit wurde daraus am 23. Mai 1884 genommen.
III	1	5	5 Ccm Aqua dest.	—	Zur Controle.
	2	5	5 Ccm Hundeblutserum.	Nach 2 h 22′	
	3	5	5 Ccm Wasserauszug aus dem durch Alkohol erzeugten Niederschlag in der Zersetzungsflüssigkeit aus gekochtem Hühnereiweiss.	Nach 2 h 23′	Gekochtes Hühnereiweiss kam in das Rohr den 4. Januar; die Zersetzungsflüssigkeit wurde daraus am 17. Jan. 1884 genommen und mit Alkohol behandelt. Der über Schwefelsäure getrocknete Niederschlag wurde bis zum Versuch in sorgfältig verschlossenem Reagensgläschen aufbewahrt.

Hiermit wäre also die Ansicht von Alex. Schmidt über das Fibrinferment nicht nur bestätigt, sondern auch in dem von mir angegebenen Sinne erweitert. Warum Jakowicki,[1] Birk[2] u. A. im eben aus den Blutgefässen entzogenen Blute das Ferment auffinden mussten, ist uns ebenfalls klar. Dass die Blutgerinnung den Anfang der Zersetzung anzeigt, haben Zimmermann,[3] Pflüger[4] und Paschutin[5] behauptet, folglich ist mir nur gelungen einer schon lange vorher ausgesprochenen Idee experimentelle Beweise beizubringen.

Vor Kurzem haben A. Lea und Green[6] Fibrinfermentlösungen folgendermaassen dargestellt. Sie liessen mit Wasser (10—15 Volumina) ver-

[1] *Zur physiologischen Wirkung der Bluttransfusion.* Dissertation. Dorpat 1875.

[2] *Das Fibrinferment im lebenden Organismus.* Dissertation. Dorpat 1880.

[3] *Zeitschrift für rationelle Medicin.* 3. Reihe. Bd. III. S. 304.

[4] Pflüger's *Archiv* u. s. w. Bd. X. S. 251.

[5] *Vorlesungen über allgemeine Pathologie.* Bd. II. S. 426. (In russ. Sprache.)

[6] *Journal of physiology.* Vol. IV. p. 380; — *Centralblatt für die medicinischen Wissenschaften.* 1884. Nr. 42. S. 740.

dünntes Blut gerinnen; das gut ausgewaschene Fibrin daraus extrahirten sie 2 Tage mit 8 procentiger Na Cl-Lösung (auf dem Eise). Mit 10 fach verdünntem Pferdeblutplasma gab das Extract schnelle Gerinnung. Auch der Alkoholniederschlag aus diesem Wasserextracte gab einen fermentativ sehr wirksamen, aber an Eiweiss sehr armen wässrigen Auszug. Nur neben meinen Untersuchungen erhalten diese Versuche eine gewisse Bedeutung.

Nach Mayer's[1] Classification bildet das Fibrinferment mit dem Chymosin die Gruppe der albuminbildenden Enzyme.

Weiter möchte ich hervorheben, dass die Ansichten von M. Traube und Liebig über die Entstehung der Fermente durchaus nicht als unbegründet zur Seite gestellt werden dürfen, vielmehr ist eine erneuerte Untersuchung über diesen Gegenstand dringend geboten.

Aus der Versuchsreihe, inwiefern chemische Agentien die Gerinnung der Fibrinogenlösung unter dem Einfluss des Fibrinferments beeinflussen, kann ich nur Folgendes mittheilen.

Sublimat (1:4000), Alkohol von 90 Procent (1:10), Kreosot (1:50), Salicylsäure (1:500), Carbolsäure (1:200), Jod (1:5000), Chin. muriat. (1:200), Thymol (1:2000) verhindern die Gerinnung der Fibrinogenlösung auf Zusatz von Blutserum oder der Zersetzungsflüssigkeit aus gekochtem Hühnereiweiss nicht. Geringer Alkalizusatz verhindert die Gerinnung ebenfalls nicht, stärkerer aber bildet ein absolutes Hinderniss (in diesem Sinne wirkt auch Nicotin, 5 Tropfen auf Fibrinogenlösung und Pferdeblutserum 10 $^{Ccm}\widehat{aa}$).

---

3. Das Verhalten des Fibrinogens zu den Oxydationsmitteln.

Nach Traube,[2] Hüfner,[3] Hoppe-Seyler u. A. steht die Fermentwirkung im engsten Zusammenhang mit der Zerlegung des Wassers in Wasserstoff und Wasserrest $\left(\frac{H}{H}\right\rangle O = H + HO$). Ist Sauerstoff bei der Fermentation zugegen, so kommt ihm ebenfalls eine active Rolle bei diesem Processe zu: der freiwerdende H nämlich zerlegt das Sauerstoffmolecül und es entstehen ein neuer Wasserrest nebst Sauerstoff in statu nascendi ($O = O + H = HO + O$), einem der kräftigsten Oxydationsmittel, die wir zur Zeit kennen.

---

[1] Mayer, *Die Lehre von den chemischen Fermenten.* 1882.
[2] A. a. O.
[3] *Chemisches Centralblatt.* 1873. Bd. IV. S. 440 u. 459.
[4] Pflüger's *Archiv* u. s. w. Bd. XII und *Physiologische Chemie.*

Eine weitere Auseinandersetzung über das Verhältniss der Fermentation zur Oxydation wird hierdurch überflüssig. Folglich wäre gegen die Angaben von Hewson, Moscati, Beddoës, Schultz, Fourcroy, Magendie, Schröder van der Kolk, Nasse,[1] Virchow[2] und Joh. Dogiel,[3] dass die Fibrinbilduug als eine Oxydation der Eiweisskörper aufzufassen ist, a priori nichts weiter einzuwenden, als dass ein zwingender Beweis für diese Ansicht noch nicht beigebracht ist. Allerdings sprachen für eine Oxydation die Vorlesungsversuche von Joh. Dogiel, bei welchen Ozon durch defibrinirtes Blut geleitet und hierbei eine weisse, faserige, klebrige Masse mit physikalischen und chemischen Eigenschaften des Fibrins erhalten wird. Eine typische Gerinnung des defibrinirten Blutes hat man durch Ozon oder Sauerstoff noch nicht bewirkt. Leitet man Ozon durch eine Fibrinogenlösung, so entsteht darin ein flockiger Niederschlag. Gleicher Niederschlag erscheint wenn man zur Fibrinogenlösung (10 Ccm) einige Tropfen alten Terpentinöls giesst und nun Sauerstoff durchleitet. Auch destillirtes Wasser, durch welches Ozon eine halbe Stunde durchgeleitet war, brachte im gleichen Volumen Fibrinogenlösung einen flockigen Niederschlag zu Stande. Offenbar wirkt das Ozon zu stark ein. Ob man den Niederschlag für Fibrin ansehen kann, lasse ich dahingestellt sein, bis wir eine Charakteristik des Fibrins erhalten haben. Giesst man Fibrinogenlösung in ein Uhrschälchen und richtet es so ein, dass der Ozonstrom auf ihre Oberfläche auftrifft, so entsteht in ihr ein Niederschlag, der unregelmässig netzförmig erscheint (Hartn. Syst. 4, Ocul. 3). Da Hühnereiweisslösung bei gleicher Versuchsanordnung letztere Reaction nicht zeigt, so kann man gewiss eine höhere Empfindlichkeit der Fibrinogenlösung in dieser Hinsicht annehmen. Kurzdauernde Sauerstoffdurchleitung durch Fibrinogenlösung liess letztere bis zum Abend desselben Tages unverändert. Leitet man jedoch 1—3 Stunden Sauerstoff durch eine Fibrinogenlösung, so erfolgt gewöhnlich 24—36 Stunden typische Gerinnung derselben. In einem Falle erschien nach 19 Stunden an der Stelle, wo das Glasrohr vom Gasometer in der Fibrinogenlösung sich befand, eine ringförmige Trübung und erst nach 43 Stunden war vollkommene Gerinnung eingetreten.

Zur Controle leitete ich durch eine andere Portion derselben Fibrinogenlösung CO_2 und CO. Das Resultat war negativ. Von CO_2 trat in der Fibrinogenlösung ein geringer flockiger Niederschlag auf, der hernach durch Sauerstoffleitung sich wieder löste, wonach die ganze Lösung typisch gerann.

Die Voraussetzungen der älteren Forscher, dann von Virchow und

[1] Wagner's *Handwörterbuch der Physiologie* u. s. w. Bd. I. S. 110—113.
[2] A. a. O.
[3] A. a. O.

Joh. Dogiel haben sich also vollkommen bestätigt, dass die Fibrinbildung als Oxydation eines Eiweisskörpers (Fibrinogen) aufgefasst werden kann.

So wunderbar es auch klingen mag, erscheint es doch, als ob meine Untersuchungen folgende Stelle in der Nasse'schen Abhandlung über das Blut[1] commentiren: „Denn dass der Sauerstoff den grössten Einfluss auf die Gerinnung und die Erhärtung des geronnenen Faserstoffs ausübt ist oben nachgewiesen worden. Ganz gut verträgt sich mit dieser Ansicht noch eine andere, dass nämlich die Gerinnung des Faserstoffs denjenigen Vorgängen zugezählt werden müsse, die man nach Berzelius' Ausdruck aus der Contactwirkung erklärt. Der Faserstoff ist derjenige Theil des im Blute vorhandenen Proteïns, dessen Elemente in einer beständigen Umsetzung griffen sind. So lange der Faserstoff noch im Blute aufgelöst ist, kann diese Umsetzung nur schwach vor sich gehen: sie geht indessen schon hier vor sich, denn auch im lebenden Körper gerinnt schon bei der Bildung der Organe der Faserstoff in geringem Grade. Auf diese Umwandlung wirkt denn vor Allem der Sauerstoff ein, der dem Faserstoff einen Theil seines Kohlenstoffs entzieht und ihn dadurch sowohl in der Gestalt seiner anatomischen Elemente als in der geringen Löslichkeit und in der elementären Zusammensetzung dem Hornstoffe ähnlicher macht. Daher denn, je grösser im Körper die Zersetzung ist, desto eher auch das Blut gerinnt, wie im Kindbettfieber, in der Pest, in den meisten bösartigen Fiebern, mit Ausnahme des höchsten Grades dieser Krankheiten, wo das Blut alle Gerinnbarkeit verloren hat. So ist es denn auch erklärlich, weshalb nach Schröder van der Kolk's und E. Davy's Beobachtung ein Stück geronnenen Faserstoffs, in frisches Blut gelegt, die Gerinnung desselben beschleunigt. Wenn diese Substanz die Neigung zur Umsetzung der Elemente dem Wasserstoffsuperoxyde mittheilt, so muss dies noch vielmehr bei den gleichartigen Stoffen der Fall sein, also gerade so wie in denjenigen Vorgängen, welche wir Gährung nennen. Auch der Eiter, dessen Beimischung zum kreisenden Blute durch die Beschleunigung der Gerinnung so gefährlich wirkt und dazu beiträgt in kurzer Zeit das Gerinnsel in Eiter zu verwandeln, wirkt wahrscheinlich nur durch den Contact, nicht chemish auf den Faserstoff. Selbst die Anwesenheit der Blutkörperchen befördert jenen Vorgang, denn die vom frischen Blute des Pferdes abgeschöpfte Faserhautflüssigkeit sah ich später gerinneu, als die mit dem rothen Theile des Blutes in Verbindung gebliebene, doch könnte auch hier der sauerstoffhaltige Farbstoff wirksamer gewesen sein, als die aus Faserstoff bestehende Hülle derselben."

[1] Wagner's *Handwörterbuch der Physiologie* u. s. w. Bd. I. S. 151.

4. Die Blutgerinnung unter dem Einfluss verschiedener Arzneimittel.

Aus dieser Reihe meiner Versuche theile ich vorläufig nur die Resultate der Beobachtungen über die Blutgerinnung bei Hunden mit.

Bei diesen Versuchen wurde das Blut aus der Carotis oder Vena jug. oder N. cruralis in früher calibrirte Gläschen aufgefangen und mittelst eines Chronometers die Zeit des Eintritts der verschiedenen Gerinnungsphasen bestimmt. Nasse unterscheidet vier Gerinnungsphasen: 1) die Bildung eines Häutchens, 2) die Bildung einer Wandschicht (sackförmige Gerinnung), 3) die Bildung einer schwachen Gallerte, durch welche man den Finger führen kann ohne die ganze Masse in Bewegung zu setzen und 4) die Bildung eines festen Gerinnsels, das der Bewegung des hineingesteckten Fingers folgt. Um Beobachtungen an kleineren Quantitäten Blut anstellen zu können und keine Fremdkörper dabei in dasselbe zu führen, nehme ich folgende Gerinnungsphasen an: 1) Die Bildung eines Häutchens, 2) die Bildung einer zusammenhängenden Gallerte, welche das Gefäss, in welchem die Gerinnung vor sich geht, umzukippen erlaubt, ohne dass etwas vom Inhalt verschüttet wird und 3) das Auftreten von Serum. Nach einer anderen Methode haben H. Vierordt[1] und später Hasebrock[2] die Blutgerinnung beobachtet. Man bringt einen Tropfen Blut in ein Capillarrohr und führt durch dasselbe ein weisses, gut gereinigtes Rosshaar. Bildet sich ein Gerinnsel, so haftet es am Haar und wird beim weiteren Fortschieben des letzteren aus dem Rohr entfernt. Schliesslich bleibt nur defibrinirtes Blut im Röhrchen zurück. Zu Gunsten dieser Methode spricht jedoch nur der Umstand, dass dabei so geringe Blutquantitäten nöthig sind, dass sie die Beobachtungen an sich selbst gestatten.

A. Die Gerinnung des arteriellen Blutes vom Hunde.

Es erwies sich, dass mit der Abnahme der Blutmenge im Organismus die Zeit abnimmt, welche das Blut braucht, um zu gerinnen. Entzieht man nach einander dem Versuchsobject 3 oder 4 Portionen Blut, so ist die erste noch flüssig, während die 3. und 4. schon feste Gallerte bilden. Diesen Umstand kann man bei Versuchen über den Einfluss verschiedener Agentien auf die Blutgerinnung nicht ignoriren, wenn man Fehlschlüsse vermeiden will.

---

[1] *Archiv für Heilkunde.* Bd. XIX. S. 192.

[2] *Zeitschrift für Biologie.* Bd. XVIII. Hft. 1. 1882.

Ohne zu versuchen die Erscheinung zu erklären, will ich vorläufig nur darauf hinweisen, dass bei der Abnahme der Blutmenge eine verstärkte Aufsaugung der Gewebsflüssigkeiten und auch vom Darminhalt stattfinden muss. Auch die Bildung von Ferment ist nicht zu vermeiden.

Zur leichteren Uebersicht will ich hier ein Versuchsprotokoll mittheilen:

Nummer des Versuchs	Die Blutquantität, die jedes Mal zur Beobachtung kam in Ccm.	Wann die Bildung des Häutchens bemerkbar wurde. Secunden.	Wann das Gefäss umgekehrt werden konnte, ohne vom Inhalt etwas zu verschütten. Sec.	Wann die Ausscheidung des Serums begann. Minuten.	Bemerkungen.
1	30	160	510	33	Weisser Hund von ca. 3 Jahren. Körpergewicht nach dem Versuch 13700 grm. Das Blut wurde aus der Carotis dextra erhalten. Anfang des Vesuchs 1 h 47' Ende des Versuchs 3 h.
2	30	135	215	22	
3	30	65	145	18	
4	30	80	170	20	
5	30	80	165	21	
6	30	60	175	18	
7	30	63	176	16	
8	30	62	135	16	
9	30	40	132	15	
10	30	55	96	19	
11	30	25	100	12	
12	30	42	161	12	
13	30	26	151	12	
14	20	22	106	14	
15	20	38	100	20	
16	20	—	70	17	

Die schnellere Gerinnung der letzten Blutportionen ist schon vielerseits beobachtet worden. Sigwart[1] erklärte das durch Verminderung der Fibrinmenge, indem er behauptete, dass mit der Abnahme des Fibringehalts die Zeit, welche das Blut zum Gerinnen braucht, ebenfalls abnähme. Für eine solche Annahme scheinen die Versuche von Brücke zu sprechen. Er fand die Fibrinmenge in fünf nach einander erhaltenen Blutportionen eines Hundes: 0·224 Procent; 0·199 Procent; 0·177 Procent; 0·161 Procent; 0·068 Procent; in einem anderen Falle: 0·290 Procent; 0·270 Procent; 0·244 Procent; 0·184 Procent.

Die Menge des Fibrins bildet jedoch keine constante Grösse. Mayer

[1] *Archiv für Physiologie* von Reil. B. XII. S. 8.

wies nach, dass das Blut eines und desselben Hundes, aus einem und demselben Gefäss, in einer und derselben Zeit (durch eine Gabelcanüle) erhalten, verschiedenen Fibringehalt zeigt. Die Angaben für die Fibrinmenge des Menschenblutes schwanken zwischen 0·75 Procent (Berzelius) und 4.298 Procent (Le Canu). Arterielles Blut eines erwachsenen Hundes gab nach meinen Untersuchungen im Mittel 0·37 Procent trockenes Fibrin. Die Bestimmung geschah nach der von Hoppe-Seyler angegebenen Methode.

Geringe Schwankungen an Fibringehalt lassen folglich keine weittragenden Schlussfolgerungen zu. Ausserdem hat Nasse die Angaben Sigwart's speciell untersucht und nicht bestätigt. Er erhielt folgende Zahlen:

1·7	Procent	Fibrin	mit	13′ 6″	Gerinnungsdauer
2·4	„	„	„	14′	„
3·5	„	„	„	11′ 8″	„
5·1	„	„	„	13′	„

Weiter weist Nasse darauf hin, dass bei verschiedenen Thieren mit dem grösseren Fibringehalt nicht immer langsamere Gerinnung zusammenfällt:

	Fibrinmenge:		Gerinnung erfolgt nach:
1. Kaninchen	5·0	Procent	1′
2. Ochs	4·0	„	5′—6½′
3. Schaf	3·8	„	1½′—2′
4. Schwein	3·6	„	3′
5. Pferd	2·8	„	7′—13′
6. Hund	1·7	„	5′—7′

Ich tödtete einen Hund durch drei Aderlässe und bestimmte bei jedem Aderlass die Fibrinmenge. Zwischen dem 1. und 2. und dem 2. und 3. Aderlass verstrichen je eine halbe Stunde. Die Fibrinmenge (trocken) betrug in der 1. Blutportion 0·398 Procent, in der 2. Portion 0·404 Procent und in der 3. Portion 0·307 Procent.

Folglich kann von einer erheblichen Abnahme des Fibrins mit dem zunehmenden Blutverlust keine Rede sein.

B. Die Gerinnung des arteriellen Blutes vom Hunde bei der Erstickung.

Die Gerinnung des arteriellen Blutes bei Hunden wird bei der Anhäufung von CO_2 in ihm verlangsamt.

Nummer des Versuchs	Die zur Beobachtung gelangende Blutmenge in Ccm.	Häutchenbildung. Secunden.	Bildung der festen Gallerte. Secunden.	Bemerkungen.
				Keine Athmung 1′ 30″
1	30	100	1200	
				Luftathmung
2	30	70	180	
				Keine Athmung 2′
3	30	94	240	
				Keine Athmung 2′
4	30	100	213	
				Luftathmung
5	30	26	110	
				Keine Athmung 2′
6	30	25	132	
				Luftathmung
7	30	15	112	
				Keine Athmung 2′
8	30	30	200	Gelber etwa 2 Jahre alter Hund.
9	30	20	160	Körpergew. n. d. Vers. 11000 grm. Das Blut aus der Carotis dextra entzogen. Anfang der Versuche 1 h 30′ Ende der Versuche 3 h Auf die im Protokoll verwendete Zeit wurde der gläserne Tracheotubus mittels eines Korkes verschlossen. Nach jedem Erstickungsversuch wurde so lange gewartet, bis das Thier wieder ruhig athmete und dann die Blutgerinnung geprüft und unter der Rubrik Luftathmung vermerkt.

Der gerinnungshemmende Einfluss der CO_2 ist so leicht zu beobachten, dass es unverständlich wird, wie Matthieu und Urbain und in neuester Zeit Morochowetz ihr eine beschleunigende Rolle bei der Blutgerinnung zuschreiben konnten.

C. Die Gerinnung des venösen Blutes vom Hunde.

Zur Bestätigung seiner Annahme über die Rolle der CO_2 bei der Gerinnung giebt Morochowetz an, dass das venöse Blut schneller gerinnt als das arterielle. Unsere ersten Versuche in dieser Richtung schienen für diese Angaben zu sprechen. Erwägt man jedoch, dass 1) das Blut aus der Vene viel langsamer fliesst als aus der entsprechenden Arterie und es sich 2) (z. B. in der V. jug.) zwischen den einzelnen Versuchen schon ansammelt, so ist es klar, dass wir beide Blutarten nicht gleiche Zeit beobachten, wenn

wir mehr oder weniger bedeutende Portionen zur Beobachtung nehmen und von dem Zeitpunkt an, wo die entsprechende Quantität schon erhalten ist, die Zeit berechnen (um 30 Ccm Blut aus der Carotis zu erhalten, braucht man nur 5—6 Secunden, während dieselbe Portion aus der Vene, besonders bei 4. und weiteren Versuchen ca. 1′ und darüber fliesst). Nimmt man möglichst kleine Blutquantitäten zum Versuch, so fällt der Zeitunterschied in der Beobachtung fort und man hat schon mehr Berechtigung, die erhaltenen Resultate zu vergleichen. Bei solcher Versuchsanordnung ergab es sich, dass das venöse Blut gewöhnlich langsamer als das arterielle gerinnt. Durch Erstickung verzögert man die Gerinnung des venösen Blutes noch mehr.

Nummer des Versuchs.	Häutchenbildung. Secunden.	Bildung der festen Gallerte. Secunden.	Welche Blutart.	Bemerkungen.
I 1	140	230	Arterielles Blut	Ein bunter, einjähriger Hund. Körpergewicht nach dem Versuch 3215 grm Arterielles Blut aus der Carotis dextra, venöses aus der Vena jugul. sinistra. Zu jedem Versuch wurde ein Uhrschälchen mit Blut gefüllt. Die Erstickungsversuche wie beim Versuch B angeordnet. Anfang der Versuche 12 h 45′ Ende der Versuche 2 h.
I 2	90	150	Venöses „	
II 3	90	120	Arterielles „	
II 4	100	160	Venöses „	
III 5	90	135	Arterielles „	
III 6	80	145	Venöses „	
IV 7	80	120	Arterielles „	
IV 8	60	130	Venöses „	
V 9	60	95	Arterielles „	
V 10	50	160	Venöses „	
1	80	145	Venöses „	
2	90	160	„ „	
	Keine Athmung 1′			
3	140	230	„ „	
	Keine Athmung 1′			
4	145	260	„ „	

D. Die Gerinnung des arteriellen Blutes vom Hunde bei Curare- und Chloralhydratvergiftung.

Wie der Vergleich mit der ersten Tabelle lehrt, äussert sich die Curarewirkung nur in grösseren Ziffern in Bezug auf die Zeit für die einzelnen Gerinnungsphasen.

Nummer des Versuchs.	Blutmenge in Ccm.	Häutchenbildung Secunden.	Feste Gallerte. Secunden.	Auftreten von Serum. Minuten.	Bemerkungen.
1	10	260	1066	—	Weisser Hund, einjährig, Körpergewicht nach dem Versuch 4750 grm. Das Blut aus der Carotis dextra. 9 Ccm Curarelösung (1 Ccm = 0·008 Curare) in die Cruralvene. Künstliche Athmung 30 Mal in der Min. Anfang der Versuche 10 h 55′ Ende der Versuche 1 h 5′
2	10	120	620	—	
3	10	110	548	30	
4	20	76	314	—	
5	20	63	396	—	
6	20	36	226	45	
7	20	38	258	32	
8	10	52	120	59	
9	10	40	170	—	
10	10	50	146	36	

Chloralhydrat in Klystirform hatte dieselbe Wirkung.

E. Die Gerinnung des arteriellen Blutes vom Hunde bei Chloroforminhalationen.

Wie man aus nachfolgendem Protokoll ersieht, verzögert Chloroform ebenfalls die Blutgerinnung.

Nummer des Versuchs.	Blutmenge zu jedem Versuch in Ccm.	Häutchenbildung Secunden.	Feste Gallerte. Secunden.	Auftreten von Serum. Minuten.	Bemerkungen.
1	40	195	1490	29	—
2	20	50	320	47	7′ andauernde Chloroforminhal.
3	25	125	625	51	8′ „ „
4	20	60	715	60	7′ „ „
5	30	80	670	—	4′ „ „
6	20	100	360	25	5′ „ „
7	25	85	290	37	Chloroforminhalation fortgesetzt
8	20	92	300	28	„ „
					„ „
					Weisser, zweijähriger Hund. Körpergewicht nach dem Versuch 7700 grm.
					Das Blut aus der Carotis dext.
					Chloroforminhalation in der Form, dass der winkelige, gläserne Tracheotubus in eine Chloroformflasche mit weitem Halse auf die verwendete Zeit gesteckt wurde.
					Anfang der Versuche 12 h 21′
					Ende der Versuche 2 h 36′

F. Die Gerinnung des arteriellen Blutes vom Hunde unter dem Einfluss von Chininum muriaticum.

Auch in diesem Falle erhielt ich grössere Zahlen wie gewöhnlich für die einzelnen Gerinnungsphasen.

Nummer des Versuchs.	Blutmenge zu jedem Versuch in Ccm.	Häutchenbildung. Secunden.	Feste Gallerte Secunden.	Auftreten von Serum. Minuten.	Bemerkungen.
1	25	120	850	19	0·5 grm Chin. muriat. in wässriger Lösung (10 Ccm) in die Cruralvene. Gelber, sechsmonatlicher Hund. Körpergewicht nach dem Versuch 7500 grm. Blut aus der Carotis dextra. Anfang der Versuche 11 h 33′; Ende 11 h 27′
2	20	50	295	9	
3	25	55	312	12	
4	20	30	255	13	
5	20	67	420	14	
6	20	30	220	8	

Bei Pflüger[1] lesen wir: „. . . ausgehend von der Idee, dass die Blutcoagulation durch Fermente bedingt ist, und das Chinin die Säurebildung im frischgelassenen Blut hemmt (Zuntz), bat ich vor einigen Wochen meinen ersten Assistenten Prof. Zuntz zuzusehen, ob Chininzusatz zu frisch entleertem Blute die Gerinnung behindere. Er stellte den Versuch wiederholt mit Kaninchenblut an, dass in der That $^3/_4$ Stunden vollkommen flüssig blieb und dann erst gerann. . .“

G. Die Gerinnung des arteriellen Blutes vom Hunde unter dem Einfluss von Natr. carbonicum purum.

Ein Welpe erhält 6 Tage, 3 Mal täglich, zu 100 Ccm einer 4 procentigen Lösung von Natr. carbon. siccum. Am Versuchstag war der Harn von stark alkalischer Reaction. Die Blutgerinnung war auch in diesem Falle etwas verzögert.

Nummer des Versuchs.	Blutmenge in Ccm.	Häutchenbildung. Secunden.	Feste Gallerte. Secunden.	Auftreten von Serum. Minuten.	Bemerkungen.
1	20	115	630	18	Brauner Welpe. Körpergewicht nach dem Versuch 2650 grm. Blut aus der Carotis dextra. Von hellerer Farbe als gewöhnlich. Anfang der Versuche*) 11 h 50′. Ende der Versuche 12 h 57′. *) Anfang und Ende der Versuche zeigen in allen Versuchen die Zeit an, wann die erste und die letzte Blutportion entzogen wurde.
2	20	110	440	$13^1/_2$	
3	20	105	410	$13^1/_2$	
4	20	114	348	18	
5	20	120	375	15	
6	20	107	310	10	
7	20	120	450	12	
8	20	80	415	15	
9	20	45	157	16	

[1] Pflüger's *Archiv* u. s. w. 1875. Bd. X. S. 363.

5. Das Fibrin.

Zur Zeit besitzen wir keine Charakteristik des Fibrins oder wenigstens keine allgemein anerkannte. Dass eine solche nothwendig ist, bedarf wohl kaum der Erwähnung.

Ich habe schon darauf hingewiesen, dass Fibrin unter allen Umständen eine faserige Structur besitzt. Die Elementaranalyse von Fibrin gleicht der der Eiweisskörper überhaupt (S. 214). Die Fähigkeit Wasserstoffsuperoxyd zu zersetzen, theilt Fibrin mit so vielen anderen Proteïnsubstanzen. Bei seiner Zersetzung liefert es ebenso, wie andere Eiweisskörper Trypsin, diastatisches Ferment und Fibrinferment. Die Fettmenge, die dem aus Blut erhaltenen Fibrin beigemengt ist, so wie die Menge der Aschenbestandtheile schwanken ebenfalls beträchtlich. In Bezug auf die Löslichkeit des Fibrins gehen die Ansichten gleichfalls auseinander. So wies Denis darauf hin, dass Fibrin in Salpeterwasser löslich sei. Scherer und auch Virchow änderten diese Angabe dahin ab, dass das Fibrin nur in kaustischen Alkalien sich löse und in Buttersäure gelatinös würde und in zwölf Stunden sich auch theilweise löst.

Auch ich habe eine Reihe von Versuchen über die Löslichkeit des Fibrins angestellt. Geprüft wurden von mir bis heute: $NaCl$, $MgSO_4$, KNO_3, $NaNO_3$, Na_2HPO_4, Na_2SO_4, $(NH_4)_2CO_3$, Na_2CO_3, NH_4Cl, HCl, $Na(OH)$, $K(OH)$. Von jedem dieser Körper wurden 18 verschiedene Lösungen gemacht um zu erfahren, bei welcher Concentration das Fibrin am besten gelöst wird. Von jeder Lösung wurde stets eine bestimmte Menge (5^{ccm}) genommen; in diese kam stets die gleiche Quantität ($0{\cdot}5^{gr}$) Fibrin. Damit keine Verdunstung der Flüssigkeit stattfinden konnte, waren die Probirröhrchen, in welchen der Versuch vor sich ging, mit Gummistöpseln verschlossen. Die Temperatur war während der Versuche 17—19° C. Das Fibrin wurde aus arteriellem Hundeblut durch Schlagen gewonnen, weiss gewaschen und zwischen Filtrirpapier ausgedrückt und in angegebenen Mengen abgewogen. Die Beobachtung erstreckte sich auf drei Tage. In meinen Versuchen war also die Concentration der Salzlösungen verschieden.

Wirkliche Lösung der ganzen Fibrinmenge erfolgte in $Na(OH)$ und $K(OH)$ von 0·05 Procent an, in HCl bei 39 Procent und 0·1 Procent; am meisten lösten ferner 10 procentige $NaCl$-Lösung, 14 procentige $MgSO_4$-Lösung, 12 procentige KNO_3-Lösung, 10 procentige $NaNO_3$-Lösung, 5 procentige $(NH_4)_2CO_3$-Lösung. Die übrigen Salze und die soeben genannten in anderer Concentration veränderten zwar die Fibrinflocken mehr oder weniger, von einer wirklichen Lösung jedoch lässt sich dabei kaum sprechen. Die Lösungen in $NaCl$, $MgSO_4$, KNO_3, $NaNO_3$ gaben beim Erhitzen einen flockigen Niederschlag.

Resumé.

1. Aus dem Pferdeblut lässt sich ein Globulin, das Fibrinogen, darstellen, dessen Lösung bei gewöhnlicher Zimmertemperatur weder spontan noch auf Zusatz destillirten Wassers gerinnt.

2. Defibrinirtes Blut, Blutserum, Wasserextract aus den mit Alkohol gefällten Eiweisssubstanzen des Blutserums oder einer Hühnereiweisslösung, Zersetzungsflüssigkeit aus gekochtem Hühnereiweiss und andauernde Sauerstoffdurchleitung bewirkten typische (S. 218) Gerinnung der Fibrinogenlösung bei gewöhnlicher Zimmertemperatur.

3. Das Fibrinferment ist nicht dem Blute eigenthümlich, sondern findet sich auch unter den Zersetzungsproducten von Eiweiss.

Dafür, dass das Fibrin ein Oxydationsproduct des Fibrinogens ist, spricht direct die typische Gerinnung einer Fibrinogenlösung nach Sauerstoffdurchleitung und indirect der Umstand, dass unter gewöhnlichen Verhältnissen bei diesem Process ein Ferment thätig ist. Jedenfalls sind bei der Blutgerinnung Fermentation und Oxydation nicht auseinanderzuhalten.

5. Beim schnellen Verbluten der Hunde (in $1^1/_2-3$ Stunden) gerinnen die letzten Blutportionen schneller als die ersten, ohne dass erhebliche Schwankungen an Fibringehalt hierbei zu constatiren wären.

6. Venöses Blut gerinnt langsamer als arterielles. CO_2-Anhäufung, Erstickung, verzögert die Blutgerinnung. Ebenfalls verzögernd auf die Blutgerinnung wirken: Curare, Chloralhydrat, Chloroform, Chininum muriaticum und Natrum carbonicum purum.

Ueber die Vertheilung der motorischen Nervenendapparate in den quergestreiften Muskeln der Wirbelthiere.

Von

G. Sandmann,
Cand. med. aus Bromberg.

(Hierzu Taf. II.)

Wenngleich schon seit Jahrzehnten die Endigung der motorischen Nerven in den quergestreiften Muskeln den Gegenstand eifrigster Forschung bildet und der Fortschritt der histologischen Färbungstechnik auch auf diesem Gebiet eine grössere Sicherheit der Arbeit gewährt, so ist die Lehre von den motorischen Nervenendorganen doch noch keineswegs als abgeschlossen zu betrachten. Der hier herrschende unsichere Stand der Dinge wird am besten dadurch charakterisirt, dass selbst über die gewissermaassen grob histologische Frage nach der Vertheilung der Nervenendigungen eine Einigung noch nicht erzielt ist.

W. Krause behandelt diesen Punkt in einer ganzen Reihe von Abhandlungen, deren Ergebnisse er später in seinem Hauptwerk: „Die motorischen Endplatten, Hannover 1869“ und dem „Handbuch der mikroskopischen Anatomie, Hannover 1876“ zusammengefasst hat. Nach ihm erhält jedes Muskelbündel sowohl pleiomerer Muskeln wie monomerer nur eine Nervenendigung. Der Verbreitungsbezirk umfasst etwa die mittleren zwei Drittel des monomeren Muskels, während in den pleiomeren, in denen jedes der höchstens 4 cm langen Bündel etwa in seiner Mitte eine Nervenendigung erhält, die Enden ca. 0·5—2 cm weit entfernt sind.

Kühne,[1] Cohnheim,[2] Tschirjew[3] und Bremer[4] fanden, dass eine längere Muskelfaser zwei und mehrere Nervenendigungen — abgesehen von den von letzteren beiden Autoren gesehenen atypischen Enddolden — erhalten kann. Den M. sartorius des Frosches sah Kühne nur auf wenige Millimeter von seinen Enden nervenfrei.

Den aus diesen Angaben hervorgehenden Widerspruch und seine Consequenzen betont du Bois-Reymond,[5] indem er auf die Unzweckmässigkeit der Anordnung der Endapparate hinweist, welche, falls jede Faser mit nur einem derselben versehen ist, darin liegen würde, wenn sie doch über den ganzen Muskel zerstreut wären, statt in einer Ebene, am „Aequator", zu liegen, ebenso wie dies im Gastroknemius z. B. der Fall ist.

Zur Klärung dieses Punktes durch erneute Untersuchungen beizutragen, sah ich mich um so mehr veranlasst, als die medicinische Facultät der Friedrich-Wilhelms-Universität zu Berlin die Frage nach der Vertheilung der Nervenendigungen zum zweiten Male zum Gegenstand einer Preisaufgabe gemacht hatte.

Der mit einigen Abänderungen hier vorliegenden Arbeit, die ich der Facultät einzureichen die Ehre hatte, ist der Preis zuerkannt worden.[6]

---

[1] Kühne, *Ueber die peripherischen Endorgane der motorischen Nerven.* Leipzig 1862. 4°. S. 107. — Stricker's *Handbuch der Lehre von den Geweben des Menschen und der Thiere.* Bd. I. 1871. S. 153. — *Heidelberger Untersuchungen.* Bd. III.

[2] *Centralblatt für die medicinischen Wissenschaften.* 1863. S. 865.

[3] Sur les terminaisons nerveuses. *Comptes rendus.* 1878. p. 606.

[4] *Archiv für mikroskopische Anatomie.* Bd. XXI. S. 22.

[5] *Gesammelte Abhandlungen zur allgemeinen Muskel- und Nervenphysik.* Bd. II. Leipzig 1877. S. 571. 731.

[6] „Für den städtischen Preis hatte dieselbe Facultät folgende schon im vorigen Jahre für den Königlichen Preis gestellte und nicht gelöste Aufgabe wiederholt:

„Trotz den zahlreichen und genauen Untersuchungen der Histologen über die Art, wie die letzten Endigungen der motorischen Nerven mit den Primitiv-Muskelbündeln sich verbinden, bleibt noch immer über diesen Punkt eine grosse Menge von Fragen unerledigt. Unter diesen erscheint von besonderer Wichtigkeit für die Physiologie die Frage nach der Vertheilung der letzten Nervenendigungen an die Muskelbündel, in Betreff welcher die Meinungen so sehr auseinandergehen, dass nach Kühne ein Muskelbündel an mehreren Stellen mit motorischen Nervenendigungen sich verbindet, während nach W. Krause jedes Muskelbündel nur eine einzige Nervenendigung erhält. Die Facultät wünscht, dass die auf diese Streitfragen bezüglichen Thatsachen möglichst vollständig gesammelt und kritisch beleuchtet werden, und dass die Art der Nervenvertheilung, insbesondere in den für die Muskelphysiologie wichtigen monomeren Muskeln des Frosches (Semimembranosus, Sartorius, Cutaneus femoris, Gastrocnemius, Extensor cruris), wie auch in einem oder mehreren pleiomeren Muskeln warmblütiger Thiere erschöpfend und sicher dargelegt werde. Den Bewerbungs-

Es schien auf der Hand zu liegen, dass ein so diametraler Gegensatz zwischen den Angaben zweier verdienter Autoren, wie W. Kühne und Krause, wenn man nicht auf der einen oder der anderen Seite einen groben Beobachtungsfehler annehmen will, nur auf die Mängel der angewandten Untersuchungsmethoden zurückgeführt werden kann. Diese zu vervollkommnen, habe ich deshalb als die erste Bedingung zur Lösung der gestellten Aufgabe betrachtet.

Das wichtigste Hülfsmittel besteht unzweifelhaft in der vollkommenen Isolirung der Muskelbündel bei erhaltenen Nervenendigungen; denn der Untersucher ist niemals sicher, keines der feinen Gebilde, auf die es uns hier ankommt, zu übersehen, wenn er nicht den aus seinen Verbindungen völlig losgelösten Muskelfaden überblicken kann.

Wer sich je der Danaidenarbeit, bindegewebsreiche Muskeln mit langen feinen Bündeln mechanisch mit Nadeln zu zerfasern, unterzogen hat, wird

---

schriften sind conservirte Praeparate als Beweisstücke und Proben der angewandten Methoden beizufügen."

Auf diese Frage ist eine Bewerbungsschrift mit dem Wahlspruch: „Vita brevis, ars longa" und mit einem Kästchen mikroskopischer Praeparate eingegangen. Der Verfasser dieser Arbeit hat sich zunächst ein neues und nach den eingereichten Proben sehr günstig wirkendes Verfahren zur Isolirung der Primitiv-Muskelbündel unter Erhaltung der Nervenendigungen verschafft. Der Gebrauch, den er von diesem Verfahren gemacht hat, um die Nervenendigungen genauer zu beschreiben, geht über die von der Facultät gestellte Aufgabe hinaus, und gewisse vom Verfasser vertretene Anschauungen, welche zu Zweifeln veranlassen könnten, bleiben deshalb hier unberücksichtigt. Was die von der Facultät gewünschte Entscheidung zwischen den Angaben Kühne's über mehrfache Nervenendigungen an demselben Primitiv-Muskelbündel und der entgegenstehenden Behauptung eines anderen Forschers betrifft, wonach stets nur eine Nervenendigung vorhanden sein sollte, so hat der Verfasser die Kühne'sche Ansicht an den längeren Primitiv-Muskelbündeln des Frosches durchaus bestätigt gefunden und seine Praeparate erheben dieselbe über jeden Zweifel. An den Muskelbündeln von Säugethieren hat er dagegen, einen einzigen Fall ausgenommen, nur eine Nervenendigung gesehen, und es wäre zu wünschen gewesen, dass er diesen auffallenden Widerspruch etwas tiefer verfolgt hätte. Inzwischen hat er seine Aufmerksamkeit nicht ohne Erfolg noch einem anderen Punkte zugewendet, welcher zwar auch über das von der Facultät gesteckte Ziel hinaus liegt, jedoch mit dem eigentlichen Gegenstande der Preisfrage so nahe zusammenhängt, dass seine sofortige Inangriffnahme und Erledigung nur dankenswerth erscheinen kann: der Frage nämlich, ob die mehrfachen Nervenendigungen an demselben Primitiv-Muskelbündel, da wo sie vorkommen, von demselben oder von verschiedenen Centren abhängen. Der Verfasser entscheidet sich für letztere Möglichkeit.

Da er somit in der von der Facultät gewünschten Richtung nicht unwichtige Fortschritte gemacht und die hauptsächlich gestellte Frage wenigstens an den Froschmuskeln befriedigend beantwortet hat, so steht die Facultät nicht an, seiner Arbeit den Preis zu ertheilen." (Auszug aus den Urtheilen der vier Facultäten der Friedrich-Wilhelms-Universität zu Berlin über die Bewerbungsschriften, welche zur Lösung der im Jahre 1883 aufgestellten Preisaufgaben eingereicht worden sind, u. s. w.) [E. d. B.-R.]

es erklärlich finden, dass im Laufe der Zeit so ungemein zahlreiche Methoden entstanden sind, die diesen Zweck durch chemische Reagentien zu erreichen suchen. Die meisten derselben habe ich auf ihre Verwendbarkeit hin geprüft, sie jedoch für den vorliegenden Zweck mehr oder weniger unbrauchbar gefunden.

Den Vorzug vor allen diesen Methoden verdienen unzweifelhaft das Verfahren von Kühne (Schwefelsäure von 0·1 gr auf 1 Liter Aqua dest. und darauf folgendes Erwärmen) und das von Krause (Kochen nach Einwirkung von Oxalsäure). Trotz ihrer mannigfachen Vorzüge kann ich beiden jedoch nicht unbedingte Anerkennung zollen, da die letztere Methode nur schwer eine vollkommene Isolirung dickerer und bindegewebsreicherer Muskeln gestattet, die erstere aber ausser diesem — von Kühne selbst schon angegebenen — Nachtheil noch den besitzt, dass sie zu fragile Praeparate liefert.

Die schönsten Resultate verdanke ich der Anwendung der Lösung der schwefligen Säure[1] die ich in der Concentration, wie sie im Handel zu haben ist, und mit folgenden Kunstgriffen in Gebrauch zog.

Die Methode, die ich einschlage und die an Sicherheit und Einfachheit nichts zu wünschen übrig lässt, ist folgende: Ich praeparire den zu untersuchenden Muskel heraus, schneide ihn, falls er zu voluminös ist, seiner Faserung parallel in einzelne nicht zu dicke Streifen, thue ihn sodann in ein Reagensglas mit schwefliger Säure und lasse ihn wohl verkorkt je nach seiner Grösse, Dicke und seinem Reichthum an Bindegewebe 1—8 Tage stehen. Ohne dass das Praeparat verdirbt, kann es sogar noch länger aufbewahrt bleiben. Hierauf wasche ich ihn tüchtig in destillirtem Wasser aus und koche ihn in einem ebenfalls mit destillirtem Wasser gefüllten Reagensglase 3—4 Male über einer Spiritusflamme und zwar so, dass ich vor dem jedesmaligen Aufkochen ihn erkalten lasse oder das heisse Wasser durch kaltes ersetze. Es ist das letztere darum wichtig, weil dadurch das durch Säure und Siedehitze in Leim verwandelte Bindegewebe die Fähigkeit zu gelatiniren und festzukleben verliert.

Wenige starke Schüttelschläge zerlegen den Muskel jetzt in elegantester Weise in seine Primitivbündel — ein Process, der sich um so leichter

[1] Schon Kühne sagt: „Noch zweckmässiger ist es, das intermusculäre Bindegewebe durch 24 stündiges Einlegen in äusserst verdünnte schweflige Säure erst zur Quellung zu bringen und dann durch mehrstündiges Erwärmen etwa auf 40° C. in Leim überzuführen und zu lösen. Die Isolation der Muskelfaser geschieht alsdann durch heftiges Schütteln mit Wasser im Probirröhrchen.“ (Stricker's *Handbuch der Lehre von den Geweben* u. s. w. A. a. O.) Ich habe Grund anzunehmen, dass das von mir geübte Verfahren das Kühne'sche noch an Zweckmässigkeit übertrifft.

vollzieht, je länger der Muskel der Säureeinwirkung ausgesetzt war, bez. je öfter er aufgekocht wurde.

Manchmal bleiben auch zwei und mehrere Primitivbündel miteinander verbunden, die dann wünschenswerthe Situspraeparate ergeben.

Die so in ihrer ganzen Länge isolirte Muskelfaser ist weich und biegsam und, fast durchsichtig, lässt sie die Querstreifung und die Muskelkerne in deutlichster Weise erkennen. Vor den nach anderen Methoden isolirten Fasern zeichnet sie sich auch dadurch vortheilhaft aus, dass sie Resistenz genug besitzt, um durch den Druck des Deckglases nicht abgeplattet zu werden, mit Leichtigkeit lässt sich durch Rotiren um die Axe der Faser jede beliebige Lage des Endapparates von der vollen Flächen- bis zur vollen Profilansicht herstellen. Die Nervenendigung wird, wie ich durch den Vergleich mit frischen Praeparaten, die ich in 0·6 procentiger Kochsalzlösung untersuchte, mich zu überzeugen Gelegenheit hatte, nicht tangirt. — Wie schon bemerkt, lassen sich auch äusserst bindegewebsreiche, feinfaserige Muskeln, bei denen die übrigen Methoden im Stich lassen, bei genügend langer Einwirkung der schwefligen Säure und des Kochens in ihre Bündel zerlegen.

Die moderne histologische Technik gebietet ferner über Hülfsmittel, die nur undeutlich und schattenhaft hervortretende Nervenendigung in marklosen Fasern durch Färbung von der Muskelsubstanz zu differenziren. Bei meinen Arbeiten bediente ich mich der Pikrinsäure, des Silbernitrats und in ausgedehntester Weise des souveränen Reagens auf Nervenendigungen, des Goldchlorids.

Seitdem Cohnheim durch die Einführung des Goldchlorids die Färbungstechnik um ein werthvolles, ja unentbehrliches Hülfsmittel bereichert hat, sind eine Unzahl von Modificationen seiner Methode angegeben worden, die jedoch, wie ich durch eine Reihe von Versuchen leider erfahren musste, ausser der grösseren Umständlichkeit vor dem ursprünglichen Cohnheim'schen Verfahren nur wenig oder gar nichts voraus haben. Dem Hauptmangel der Goldchloridfärbung, der launenhaften Inconstanz der Färbung, hilft keine der angegebenen Methoden ab.

Während jedoch dem Untersucher, der sich mit histologischen Details der Nervenendigung beschäftigt, schon das Fragment einer Muskelfaser genügt, vorausgesetzt, dass es mit einer gut reducirten Endigung versehen ist, konnte ich nur diejenigen Praeparate als gelungen betrachten, die in ihrer ganzen Länge isolirt und gut vergoldet waren. Diese Schwierigkeiten, die sich bei bindegewebsreichen Muskeln mit langen, feinen Primitivbündeln überhaupt nicht oder nur mit äusserster Anstrengung überwinden lassen, überzeugten mich von der Unzulänglichkeit der bisherigen Vergoldungsmethoden für meine Zwecke. In Folge dessen versuchte ich, indem ich

mich über das von meinen Vorarbeitern gehegte Vorurtheil, dass nur frische Muskelfasern gut vergoldete Praeparate gäben, hinwegsetzte, die mit Hülfe der schwefligen Säure isolirten Muskelfasern der Einwirkung des Goldchlorids zu unterwerfen. Der Versuch gelang.

Welche Art der Vergoldung man wählt, ist, wie ich oben auseinandergesetzt, durchaus gleichgiltig.

Das Verfahren, dessen ich mich bediene und das ich durchaus empfehlen kann, ist folgendes:

Die isolirten Fasern eines zu untersuchenden Muskels theile ich in mehrere beliebig grosse Portionen, indem ich sie mit der Flüssigkeit, in der sie suspendirt sind, in verschiedene Reagensgläser übergiesse, um sie für etwaige spätere Untersuchung aufzubewahren. In dasjenige Glas, das die zu vorgoldenden Fasern enthält, thue ich je nach der Quantität der darin enthaltenen Flüssigkeit auf etwa 10 ^{Cem} Wasser 1—3 Tropfen einer einprocentigen wässrigen Goldchloridlösung. Haben die Fasern eine gelbliche Färbung angenommen, was nach wenigen Minuten geschehen ist, so giesse ich die überschüssige Goldlösung ab, setze dafür eine gleich grosse Quantität destillirten Wassers zu, in welchem ich die Fasern auswasche, giesse auch dieses Wasser ab und setze dafür wiederum eine etwa ebenso grosse mit einem Tropfen Essigsäure angesäuerte Quantität Wasser zu. Der Säurezusatz ist jedoch, wie ich mich neuerdings überzeugt habe, zum Gelingen der Praeparate nicht gerade nothwendig.

Jetzt erhitze ich über einer Spiritusflamme bis zum Sieden. Nach wenigen Minuten schon ist in der höheren Temperatur die Reduction, die sonst 24 Stunden in Anspruch nimmt, vollendet. Die Fasern nehmen je nach der Dauer der Einwirkung und der Stärke der Goldlösung eine hellrosa bis tiefblaue Färbung an, während die markhaltigen und marklosen Nerven sich dunkler als der Muskel bis zum tiefen Schwarz tingiren. Die Untersuchung und Einbettung geschieht in Glycerin und Wasser zu gleichen Theilen, wozu ein Tropfen Essigsäure gesetzt wird. Durch den Vergleich mit frischen Praeparaten, die durch Goldchlorid gefärbt waren, und mit den von anderen Autoren gegebenen Abbildungen habe ich mich überzeugt, dass das anscheinend stark eingreifende Verfahren Laesionen der Praeparate nicht herbeiführt.

Welche Vortheile meine Vergoldungsmethode, die einfacher ausgeführt als beschrieben ist, vor den bisher angegebenen besitzt, brauche ich wohl kaum auseinanderzusetzen. Denn wenn durch dieselbe auch die unberechenbare Willkür der Goldreduction nicht beseitigt ist, so gestattet sie doch mit leichter Mühe in wenigen Minuten eine unbegrenzte Anzahl von Praeparaten der motorischen Nervenendigung herzustellen — ein Umstand, der es auch ermöglicht, den Schaden bei etwaigem Misslingen durch sofortige

Anfertigung einer Anzahl neuer Praeparate aus den Reserveportionen wieder gut zu machen. Ich möchte endlich darauf hinweisen, welche Vortheile diese Methode für die Untersuchung der schwer zu zerfasernden Muskeln der Säugethiere gewährt, insbesondere wo es darauf ankommt, einen Muskel auf etwaige pathologische Veränderungen seiner nervösen Endelemente, wie Degenerationen und dergl., zu durchsuchen. Auf ihre Brauchbarkeit auch nach dieser Richtung hin habe ich, wie ich weiter unten berichte, die Methode zu erproben Gelegenheit gehabt.

Mit ihrer Hülfe nun habe ich die Frage nach der Vertheilung der motorischen Nervenendigungen in Angriff genommen. Andere, noch nicht zum Abschluss gelangte Untersuchungen in Bezug auf histologische Details der Endplatten, zu denen mich diese Methoden führten, behalte ich mir für eine spätere Veröffentlichung vor.

Vornehmlich waren es die für den Physiologen wichtigen monomeren Muskeln des Frosches, sowie einzelne pleiomere Muskeln warmblütiger Thiere, die ich entsprechend den Forderungen der Preisaufgabe in den Kreis meiner Betrachtung gezogen habe.

Im M. gastroknemius des Frosches, dessen anatomischen Bau du Bois-Reymond anschaulich dargestellt hat, nehmen die kurzen sowohl, wie die längeren Fasern etwa in der Mitte je einen Nervenapparat auf.

Denselben Typus der Nervenvertheilung weist der M. triceps auf, dessen sonderbaren Bau derselbe Forscher beschrieb,[1] denn auch hier inserirt sich je eine Nervenendigung an jede Muskelfaser.

Ein wesentlich anderes Bild geben die folgenden Muskeln:

Vor allen zeichnet sich der M. sartorius aus. Fast an jeder Faser desselben sehen wir zwei, drei, ja an manchen sogar vier, fünf und sechs Nervenendigungen und zwar neben spärlich und dürftig entwickelten, wohlausgebreitete und mit reichlichem Gestänge versehene Endbüschel. Allerdings kommen auch, jedoch selten, Fasern mit nur einer Nervenendigung vor. Was die Lage derselben zu einander betrifft, so lässt sich ein bestimmtes Princip in dieser Beziehung nicht nachweisen, die Endapparate liegen regellos bald auf derselben, bald auf verschiedenen Seiten der Fasern. Nach Messungen, die ich an einer grösseren Anzahl von Primitivbündeln angestellt habe, ist die Distanz zwischen zwei benachbarten Endigungen fast immer nahezu dieselbe. Das obere Ende ist je nach der Grösse des Muskels 3—5 mm, das untere nur 1—3 mm nervenfrei. Dieses Verhalten giebt vielleicht auch die Erklärung für die scheinbar unmotivirte Abweichung von dem Schwalbe'schen Gesetz des Muskelnerveneintritts, die der M. sartorius zeigt; der Nerv tritt nämlich nicht im geometrischen Mittelpunkt, sondern tiefer, meist im

[1] *Gesammelte Abhandlungen* u. s. w. Bd. II. S. 54. 55.

unteren Drittel, in den Muskel ein. Wie man an Situspraeparaten sich leicht überzeugen kann, liegen auch hier die Nervenendigungen benachbarter Muskelfasern nahe an einander, so dass der M. sartorius gewissermaassen mehrere „Nerven-Aequatoren" besitzt (Fig. 1).

Dasselbe Verhalten wie der M. sartorius zeigt auch der M. cutaneus (Fig. 2).

Von besonderem Interesse war es, festzustellen, in welchem Verhältniss die Inscriptiones tendineae zu der Nervenvertheilung stehen. Daraufhin untersuchte ich zuerst den mit etwa 4 — 5 derartigen Sehneneinschnitten versehenen M. rectus abdominis. Es zeigte sich, dass jedes der Muskelsegmente seinen eigenen Nervenapparat enthält, wie dies übrigens Kupffer schon vor langer Zeit gegen Fick bewies.[1]

Wie hiernach schon a priori zu vermuthen, gestalten sich die Verhältnisse ebenso bei den mit Sehnen-Inscriptionen versehenen Mm. semimembranosus und gracilis. Oftmals sah ich auch den M. cutaneus an seinem oberen Ende mit einer durchgehenden Inscription versehen und auch hier besassen die Fasern des dadurch gebildeten oberen Segmentes einen eigenen Nervenendapparat. (Eine andere Varietät des M. cutaneus war die, dass das obere Segment durch eine bindegewebige Membran ersetzt war.)

Der M. semimembranosus wird, wie du Bois-Reymond[2] festgestellt hat, von der sehnigen Scheidewand nicht in seinem ganzen Durchschnitt in zwei Abschnitte getrennt, sondern „sie durchdringt fast wie die Narbe eines schräg von unten und hinten nach oben und vorn geführten Hiebes nur etwa zwei Drittel des Mittels. Eine mächtige Fasermasse verläuft ununterbrochen vom oberen Ende des Muskels bis nahe an das knorpelige Hufeisen, durch welches der Muskel an der Tibia sich befestigt. Die Länge ihrer längsten Fasern beträgt gegen 0·9 der Muskellänge."

Ich habe deshalb auch die Fasern des M. semimembranosus in drei Portionen untersucht. Die oberen sowohl wie die unteren Theilfasern erhalten je eine Nervenendigung etwa in der Mitte ihrer Länge. Unter den durchgehenden Fasern jedoch fanden sich wenige und zwar waren es die längsten, die mit zwei Nervenendigungen versehen waren.

Wiederum anders liegen die Verhältnisse beim M. gracilis. Auch dieser Muskel besitzt eine sehnige Inscription, die ihn jedoch seiner ganzen Dicke nach in zwei Portionen theilt. „Der obere Muskelabschnitt ist im Allgemeinen keilförmig in den unteren schwalbenschwanzförmigen Abschnitt eingelassen. Aber die Gestalt der Inscription ist nicht dieselbe an beiden Flächen. An der Aussenfläche bildet sie bei sonst stetigem Verlauf eine

---

[1] Henle und Pfeufer, *Zeitschrift für rationelle Medicin.* 2.R. 1858. Bd. II. S. 160.

[2] *Gesammelte Abhandlungen* u. s. w. Bd. II. S. 574.

nach hinten verschobene stumpf lancettförmige Spitze nach unten. An der Innenfläche macht sie einen Sprung in der Faserrichtung, so dass einander berührende Fasern in verschiedener Höhe unterbrochen sind." (du Bois-Reymond.[1])

Der Muskel setzt sich somit aus verschieden langen Theilfasern zusammen, die ich ebenso, wie die des vorigen Muskels, getrennt untersuchte. Es ergab sich auch hier, dass die langen Fasern mit zwei, die kürzeren mit einer Nervenendigung versehen waren. Da hier die Anzahl der langen Theilfasern jedoch bei weitem grösser ist, als die der langen durchgehenden Fasern des M. semimembranosus, so ist es natürlich, dass in diesem Muskel die Anzahl der mit zwei Nervenendigungen versehenen Praeparate eine weit grössere ist, als in jenem Muskel. (Fig. 3.)

Eine keineswegs seltene Erscheinung sind, wie schon Kühne angiebt, in den Schenkelmuskeln des Frosches Y-förmige Muskelfasern, ja ich habe auch Fasern gesehen, die in der Mitte einen Spalt hatten, andere, die nach beiden Seiten hin sich theilten, andere wieder, die in ihrem Verlaufe mehrere derartige Spaltbildungen zeigten und sich nach dem Ende zu theilten. Die Contouren waren stets so scharf, dass ich die Vermuthung, ich hätte es mit Kunstproducten zu thun, mit Sicherheit ausschliessen konnte. Was die Endapparate an diesen Formen der Muskelfaserung anlangt, so sah ich dieselben meist an dem Theil, der eine Faser bildete, selten nur besassen die Schenkel eigene Endigungen.

Von pleiomeren Warmblütermuskeln habe ich die Schenkelmuskeln des Kaninchens, die Mm. sartorius und cucullaris des Hundes und die Oberschenkelmuskeln der Ratte untersucht. Bis auf eine Faser aus dem M. sartorius des Kaninchens, an der sich zwei Nervenendplatten in nächster Nähe von einander und von einem sich in zwei Aeste theilenden Nerven gebildet, befanden, habe ich in allen diesen Muskeln nur Fasern mit einer Endplatte gefunden. Gern hätte ich auch den M. sartorius des Menschen, der nach Froriep Fasern bis zu 8 ^{cm} Länge besitzen soll, in Bezug auf seine Nervenendplatten untersucht, leider aber stand mir nicht genügend frisches Material zur Verfügung. In seiner neuesten Veröffentlichung[2] bemerkt auch Kühne, dass er erheblich von einander entfernte Nervengeweihe trotz langer Erfahrungen bei der Eidechse nur zwei Mal, bei der Natter nur ein Mal, bei Säugethieren niemals gesehen.

Eine sich an diese Thatsachen anschliessende Frage ist die, ob eine Muskelfaser von nur einer oder auch von verschiedenen Primitivnervenfasern versorgt werden kann.

---

[1] A. a. O. S. 575.

[2] *Zeitschrift für Biologie.* Bd. XX. Hft. 4. S. 539.

Von Engelmann[1] und von Kühne[2] ist dieser Punkt schon berührt, von Beiden jedoch die Frage offen gelassen worden.

Kühne hat an den Intercostalmuskeln des Chamaeleons mehrfach Endplatten beobachtet, in welche zwei auf weite Strecken getrennt zu den Stämmen zurückzuverfolgende Nervenfasern einmünden, „deren Ursprung aus einer Stammfaser mindestens zweifelhaft blieb."

Wie Eckhard[3] zuerst am Frosch nachwies und wie dies seitdem auch für die höheren Wirbelthiere durch Peyer, durch Ferrier und Yeo und neuerdings durch Forgue und Lannegrâve[4] bestätigt worden, ist der nervöse Apparat eines jeden Muskels nicht physiologisch einheitlich, sondern derselbe setzt sich aus verschiedenen Rückenmarksnerven zusammen. So wird z. B. der Sartorius des Frosches vom 7., 8. und 9. Rückenmarksnerven versorgt.

Diesen Umstand suchte ich für die Beantwortung der oben aufgeworfenen Frage zu verwerthen.

Ich resecirte zu diesem Zweck an einer Reihe von Fröschen den 7., bez. 8. Rückenmarksnerven vor ihrem Eintritt in den Plexus sacralis, nachdem ich die Rückenhaut und die darunter liegende Fascie und Musculatur durchtrennt hatte. Leider gingen die meisten Thiere zu Grunde, bevor ich ausgesprochene Degeneration der Endplatten finden konnte. Von zwei Exemplaren blieben das eine 50, das andere 56 Tage am Leben.

Bei dem ersten hatte ich den 6., 7. und 8. Nerven durchschnitten und konnte mich so darüber unterrichten, welche Bilder degenerirte Endplatten ergaben. Die Muskeln wurden nach der oben angegebenen Methode isolirt und vergoldet.

Während die markhaltigen Nerven erst mehr oder minder mit Fettkörnchen infiltrirt sind, sind die marklosen Endfasern entweder schon vollkommen zerfallen oder sie zeigen sehr starke fettige Metamorphose. Erhalten sind die Besatzkörperchen, doch auch diese sind stärker granulirt, als man es bei intacten Praeparaten findet. Das ganze Bild macht so sehr den Eindruck des Zerfalls, dass man selbst an Pikrinsäurepraeparaten schon deutlich die Deformation zu erkennen im Stande ist.

An dem zweiten der überlebenden Frösche hatte ich den 8. Rückenmarksnerven resecirt. Bei der Durchmusterung der isolirten und darauf vergoldeten Sartoriusfasern bekam ich stets Praeparate zu Gesicht, die entweder intacte oder ausgesprochen degenerirte Endapparate besassen. Nur

---

[1] *Untersuchungen über den Zusammenhang von Nerv und Muskelfasern.* Leipzig 1863.

[2] *Verhandlungen des Heidelberger medicinisch-naturwissenschaftl. Vereins.* 1882.

[3] Henle und Pfeufer, *Zeitschrift für rationelle Medicin.* 1849. Bd. VII. S. 302 ff.

[4] *Comptes rendus* etc. 1884.

an wenigen Muskeln sah ich neben einer oder zwei intacten Endplatten eine, in einem Falle zwei degenerirte Nervenendigungen.

Es ist somit bewiesen, dass ein Muskelbündel von zwei verschiedenen Centren aus innervirt werden kann; vielleicht ist das häufiger der Fall, als ich es gefunden habe, da ja auch verschiedene, von verschiedenen Ganglienzellen entspringende, aber in demselben Rückenmarksnerven verlaufende Primitivnervenfasern zu einem und demselben Muskelbündel gehen können.

Im Gegensatz zu den erwähnten Muskeln des Frosches, an deren Fasern sich multiple Endapparate befinden, besitzen wir im M. cucullaris der Säugethiere einen Muskel, der von verschiedenen Centren aus durch verschiedene Nerven, den N. accessorius Willisii und einzelne Zweige des Plexus cervicalis versorgt wird, so dass derselbe verschiedenen Functionen als willkürlicher Körper- und als accessorischer Athemmuskel zu dienen im Stande ist.

Hier ist die umgekehrte Frage zu beantworten: Dient jede oder eine Anzahl seiner Fasern beiden Functionen und erhält sie deshalb zwei Endapparate, oder ist jede Faser nur mit je einer Nervenendigung versehen und somit nur als von einem Centrum abhängig zu betrachten?

Sorgfältig habe ich zu diesem Zweck die Primitivbündel des M. cucullaris des Hundes untersucht, jedoch an jedem Muskelbündel desselben nur je eine Nervenendigung gefunden. Dieses Verhalten beweist, dass hier die von den verschiedenen Nerven versorgten Muskelbündel ebenso durcheinander vertheilt sein müssen, wie dies für andere Muskeln durch die elektrische Reizung des einen der zugehörigen Nerven, bei der trotzdem der ganze Muskel sich contrahirt (Gad, Forgue und Lannegrâve), schon wahrscheinlich gemacht ist.

Fassen wir das Hauptergebniss unserer Untersuchung kurz zusammen, so besitzt also in den (von uns untersuchten) pleiomeren Muskeln warmblütiger Thiere jede Muskelspindel nur eine Endplatte; dadurch wird, wie mir scheint, der Widerspruch zwischen den Angaben Kühne's und Krause's auf befriedigende Weise für alle Theile geschlichtet, da Krause mehr an Warmblütern, Kühne mehr an Froschmuskeln seine Untersuchungen anstellte.

Was die Sache selber betrifft, so bleibt freilich das Räthsel übrig, warum die langen Muskelspindeln der Warmblüter nur mit einer, die Spindeln der Kaltblüter, ausgenommen die ganz kurzen, mehrere Innervationsstellen haben. Hr. du Bois-Reymond glaubt, wie ich aus mündlicher Mittheilung weiss, dies so erklären zu können, dass vielleicht die Contractionswelle sich in den Warmblütermuskeln schneller als in den

Kaltblütermuskeln fortpflanze. Alsdann werden die mit mehrfachen Nervenendigungen versehenen Kaltblütermuskeln sich so rasch zusammenziehen, wie die nur mit einer Endplatte versehenen Warmblütermuskeln.

Hängt aber ein Muskelbündel von verschiedenen Centren ab, indem entweder verschiedene Primitivnervenfasern multiple Nervenendigungen bilden, wie ich dies am Sartorius gefunden habe, oder indem sich verschiedene Primitivnervenfasern an der Bildung eines einzigen Endapparates betheiligen, wie Kühne dies in den Intercostalmuskeln des Chamaeleons beobachtet zu haben glaubt, so dürfte ein anderer Grund, als die dadurch erzielte grössere Geschwindigkeit für die Multiplicität der Nervenendigungen in Frage kommen. Dann werden nämlich die einzelnen Abschnitte eines Kaltblütermuskels, so wenig wie die einzelnen Spindeln eines pleiomeren Warmblütermuskels, nicht nothwendig zur gleichen Zeit in Wirksamkeit treten, und es wird eine Möglichkeit mehr gegeben sein, in der Wirkung der Muskeln feinere Abänderungen herbeizuführen.

Am Schlusse meiner Auseinandersetzungen angekommen, bleibt mir noch die angenehme Pflicht, für die Liebenswürdigkeit, mit der Hr. Prof. H. Munk mir die Mittel des physiologischen Laboratoriums der Kgl. Thierarzneischule zur Verfügung stellte, und für die mannigfache Anregung, die ich ihm sowohl wie Hrn. Dr. I. Munk schulde, beiden Herren meinen aufrichtigen Dank auszusprechen.

Erklärung der Abbildungen.

Die nach der oben angegebenen Methode isolirten und vergoldeten Muskelfasern sind in Bezug auf ihre Länge reducirt, die Querstreifung und die Muskelkerne der grösseren Deutlichkeit halber fortgelassen worden.

Fig. 1. Muskelfaser aus dem M. sartorius des Frosches mit drei Nervenendigungen. Mikroskop von Leitz in Wetzlar. Oc. 1. Obj. 5. Vergr. 200.

Fig. 2. Eine der längsten Theilfasern aus dem mit Inscriptio tendinea versehenen M. cutaneus des Frosches mit drei Nervenendigungen. Oc. 1. Obj. 7. Vergr. 300.

Fig. 3. Eine längere Theilfaser des M. gracilis des Frosches mit zwei Nervenendigungen. Oc. 1. Obj. 5. Vergr. 200.

Zur Physiologie der Bogengänge.

Von

Dr. Benno Baginsky,
Privatdocent in Berlin.

Die Frage nach der Ursache der in Folge von Durchschneidung der Bogengänge auftretenden Schwindelerscheinungen harret immer noch der definitiven Erledigung und streng genommen sind wir, nachdem die eine Zeitlang in die Wissenschaft eingeführte Anschauung, dass die Bogengänge mit ihren Nerven Organe des Gleichgewichts sind, fast allgemein verlassen ist, über den ursprünglichen Flourens'schen Standpunkt erheblich nicht hinausgekommen. Trotz vieler Arbeiten ist hier der Widerspruch der Autoren so gross, die Verschiedenheit der Ansichten so mannigfaltig, dass kaum eine Einigung möglich erscheint. Ich erachte es desshalb für nothwendig, die so schwierige Frage auf Grund erneuter experimenteller Prüfung wiederum zur Besprechung zu bringen.

Zur Erklärung der von Flourens zuerst beobachteten Kopfpendelungen sind von den späteren Forschern die verschiedensten Ansichten geltend gemacht worden und es war naturgemäss, dass, da die Bogengänge bei Tauben scheinbar isolirt dem Eingriffe des Operateurs ausgesetzt wurden, die Ursache der Kopfpendelungen und der anderen noch zur Beobachtung kommenden Schwindelerscheinungen in einer Laesion der Vorhofszweige des Acusticus gesucht wurde. Ueber die Art der Laesion gehen die Ansichten auseinander. Im Speciellen werden namentlich zwei Anschauungen stets geltend gemacht, einmal, dass es sich um eine Lähmung, das andere Mal, dass es sich um eine Reizung der vestibulären Acusticuszweige handelt. Für und wider wurden alle möglichen und unmöglichen Gründe in's Feld geführt. Ich[1] selbst glaubte auf Grund zahlreicher Versuche unter genauer

[1] *Dies Archiv.* 1881. S. 201 ff.

Berücksichtigung der anatomischen Verhältnisse mich keiner dieser Ansichten anschliessen zu können und suchte den Nachweis zu erbringen, dass weder eine Lähmung noch eine Reizung der Vorhofszweige des Acusticus hier ursächlich in Frage kommt, sondern dass vielmehr bei der anatomischen Verbindung des Gehörlabyrinths mit dem subduralen Raum vermittels des Aquaeductus cochleae und Aquaeductus vestibuli und bei der Nachbarschaft des Kleinhirns durch Verletzungen des Labyrinths Gehirnlaesionen erzeugt werden, welche allein schon im Stande sind, alle zur Beobachtung kommenden Störungen zu erklären. Um so berechtigter glaubte ich mich in meinen Schlussfolgerungen, als die isolirte Verletzung der dem Ohre benachbarten Kleinhirnpartien von ähnlichen oder gleichen Erscheinungen begleitet ist und als neuere[1] anatomische Untersuchungen den Nachweis erbracht haben, dass die früher angenommene Vertheilung des N. acusticus in einen Ramus cochlearis und vestibularis irrig ist. Es dreht sich demnach die Discussion im Allgemeinen um die Frage, ob die nach Durchschneidung der Bogengänge auftretenden Gleichgewichtsstörungen ihre Ursache haben in einer Labyrinthlaesion oder in einer Verletzung des Gehirns und im Speciellen, welcher Art die Labyrinthlaesion bez. die Gehirnlaesion ist.

Fassen wir die einzelnen Möglichkeiten genauer in's Auge, so ergiebt sich zunächst, dass eine Lähmung der Vorhofszweige des Acusticus die Ursache der Schwindelerscheinungen nicht sein kann. Und der einzige und sichere Beweis hierfür wird erbracht durch das Fehlen aller Schwindelerscheinungen bei selbst vollständiger Zerstörung des gesammten Labyrinths, wie ich dies ausserordentlich häufig zu beobachten Gelegenheit hatte. Sprachen schon zu Gunsten dieser Thatsache genaue Beobachtungen und pathologische Befunde am Menschen, so konnte ich überdies bei meiner Untersuchung über die Function der Gehörschnecke[2] in einer Anzahl von Fällen eine vollständige Degeneration des gesammten Ohrlabyrinths constatiren, ohne dass im Verlaufe der Beobachtung Schwindelerscheinungen am Operationsthiere zu beobachten gewesen waren. Hier war der ganze Acusticus gelähmt und doch keine Gleichgewichtsstörung zu beobachten.

Wie verhält es sich nun mit der Reizung der vestibulären Acusticuszweige? Ich glaubte dieselbe gleichfalls nicht verantwortlich machen zu müssen für die Entstehung der Schwindelerscheinungen, da bei den Einspritzungsversuchen[3] an Kaninchen trotz hochgradiger Entzündung des Labyrinths, des Vorhofs und der Schnecke, wie sie anatomisch nachgewiesen werden konnte, die im Momente des Druckes entstandenen Schwindel-

[1] *Dies Archiv.* Anatom. Abth. 1880. S. 243.

[2] Die Function der Gehörschnecke. Virchow's *Archiv.* Bd. XCIV. Hft. 1. S. 65 ff.

[3] A. a. O. S. 219.

erscheinungen nicht weiter persistirten, sondern trotz des fernerhin wirkenden Reizes einer 10—15 procentigen Kochsalzlösung mit dem Nachlass des Druckes verschwanden, obschon die eingespritzten Flüssigkeiten im Labyrinth mit Sicherheit nachweisbar waren. Was mich in meiner Ansicht noch fernerhin bestärkte, war, dass die unter Druck in die Paukenhöhle eingespritzten differenten und indifferenten Flüssigkeiten jedes Mal, wenn im Momente des Druckes Schwindelerscheinungen auftraten, deutlich an der Ausmündungsstelle des Aquaeductus cochleae in der Fossa jugularis nachweisbar waren und dass viele von den Thieren, welche ich am Leben liess, später an den Erscheinungen von Meningitis zu Grunde gingen, ein Beweis, dass durch den Eingriff eine Laesion des Gehirns gesetzt sein musste.

Dieser meiner Beweisführung gegenüber wurde zwar zugegeben, dass vom Gehirn bez. vom Kleinhirn aus die in Frage stehenden Erscheinungen erzeugt werden können, zugleich aber behauptet, dass auch durch die alleinige Verletzung des Labyrinths bez. dessen Reizung die Schwindelerscheinungen entstehen können. Ganz besonders glaubte Högyes[1] durch eine neue Versuchsanordnung den Beweis für die Richtigkeit dieses Einwandes erbringen zu können.[2]

Högyes gelangte zu dem Resultate, dass die Schwindelerscheinungen, welche in meinen Versuchen durch die Drucksteigerung in der Paukenhöhle entstanden sind, auf Reizung bez. Erschöpfung[3] des häutigen Labyrinths (Utriculus, häutige Bogengänge und deren Ampullen) zu beziehen sind, sowohl die Störungen in den Augenbewegungen (Nystagmus), wie die übrigen Schwindelerscheinungen und versucht eine gewisse Beziehung des Mechanismus der bilateralen associirten Augenbewegungen mit den beiden Vestibularenden der N. acustici plausibel zu machen.

Seine Versuchsanordnung bestand darin, dass er am lebenden Kaninchen die Fossa mastoidea, d. i. die Gehirnhöhle, eröffnet, die hier lagernde Flocke vorsichtig in die Schädelhöhle schiebt, von hier aus das Labyrinth anbohrt und nun verschiedene Reize applicirt, in Folge dessen seiner Meinung nach

---

[1] Pflüger's *Archiv* u. s. w. Bd. XXVI. S. 558 ff.

[2] In der Högyes'schen Mittheilung ist die Rede von sechs oculomotorischen Nerven mit zwölf Augenmuskeln und sechs Ampullen mit zwölf Cristae. Hier liegt ein grosser Irrthum von Seiten Högyes' vor, da es bekanntlich sieben Augenmuskeln giebt, von denen nur fünf vom Oculomotorius versorgt werden, während die beiden anderen (Rectus lateralis und Obliquus superior) vom N. abducens bez. N. trochlearis versorgt werden. Desgleichen giebt es nur sechs Cristae an den sechs Ampullen und auf jeder Seite nur zwei Maculae acusticae, so dass in Summa nur zehn existiren.

[3] Högyes macht hier, wie es scheint, überhaupt keinen Unterschied zwischen Reizung und Lähmung, da unter „Erschöpfung" wohl nichts Anderes, als Lähmung oder wenigstens allmählich eintretende Lähmung verstanden werden kann.

je nach Reizung verschiedener Partien des Labyrinths verschieden charakterisirte Augenbewegungen mit gleichzeitigem Kopfnystagmus und Schwindelerscheinungen auftreten. Werden die häutigen Theile des Labyrinths später entfernt oder durch chemisch differente Agentien (Säuren u. s. w.) zerstört, so konnten nunmehr bei erneuter Reizung der Vorhofswandung der Nystagmus und die Kopfwendungen nicht mehr hervorgerufen werden. Wurden endlich die häutigen Labyrinthe zerstört und nun in der von mir angegebenen Weise von der Paukenhöhle aus Einspritzungen verschieden differenter Flüssigkeiten gemacht, so traten jetzt keine Schwindelerscheinungen mehr auf.

Betrachten wir das von Högyes angegebene Operationsverfahren etwas genauer, so ergiebt sich bei einfacher Ueberlegung schon die Fehlerhaftigkeit seiner Versuchsanordnung. Statt das Gehirn unverletzt zu lassen und jede entfernte Möglichkeit einer derartigen Laesion auszuschalten, eröffnet Högyes die Schädelhöhle und noch dazu an einer Stelle, die dem Kleinhirn so ausserordentlich nahe gelegen ist; dass hierdurch eine Complication geschaffen ist, deren Consequenzen sich für den einzelnen Versuch gar nicht übersehen lassen, ist so zu natürlich. Aber weiter: Högyes schiebt nun die Flocke vorsichtig in die Schädelhöhle hinein, obschon in der abgeschlossenen Schädelkapsel gar kein Raum für dieselbe vorhanden ist und obschon, wie man sich am Kaninchenschädel mit Leichtigkeit überzeugen kann, der Eingang von der Schädelhöhle zur Fossa mastoidea (subarcuata) kleiner ist, als die Flocke selbst, so dass ein Hindurchschieben ohne Quetschung oder Zertrümmerung derselben und Laesion benachbarter Gehirnpartien überhaupt unmöglich ist. Wie demnach Högyes bei seinen Versuchen verfahren ist, ist mir vollkommen unverständlich. Ueberdies hätte man erwarten können, dass Högyes, wenn er die Schlussfolgerungen meiner Versuche anzweifeln zu müssen glaubte, unter Berücksichtigung der eben angeführten Thatsachen nun auch mit Genauigkeit jede Gehirnlaesion registrirt oder vielmehr genaue Befunde des Gehirns selbst negativer Art angegeben hätte. Nichts von alledem ist geschehen und so fühlte ich mich denn, da seine Resultate den meinigen ganz und gar widersprachen, im Interesse und bei der Wichtigkeit der Sache, zumal ausserdem seinen Versuchen von verschiedener Seite ein gewisser Werth beigelegt wurde, veranlasst, dieselben zu wiederholen.

Bricht man am lebenden Kaninchen die Fossa mastoidea auf, nachdem an der betreffenden Partie des Schädels Muskeln und Periost entfernt sind, so erscheint die in derselben liegende Flocke, welche durch vorsichtiges Wegbrechen des Knochens mittels einer kleinen Knochenzange in einer Ausdehnung von 5—6 mm freigelegt werden kann. Ein Hineinschieben derselben in die abgeschlossene Schädelhöhle ist aus den bereits angeführten Gründen unmöglich. Will man nun zur Decke der Paukenhöhle gelangen,

so muss die Flocke ganz entfernt werden. Ich erreichte dies, indem ich mit einem schmalen und schwachen Holzstäbchen die Flocke umfassend in der Richtung von vorn oben aussen nach hinten unten innen bis zur knöchernen Decke der Paukenhöhle vordrang und sie nun hier abquetschte. Es entsteht jetzt in fast allen Fällen eine mehr oder weniger starke Blutung, deren Stillung durch kleine in den Hohlraum eingeführte Schwämmchen gelingt. Man erkennt in der Tiefe der kleinen eröffneten Fossa mastoidea den blutig tingirten Flockenstiel und am Boden derselben die Decke der Paukenhöhle. Die Anbohrung der medialen Kante führte ich mit einem ganz feinen und scharf zugespitzten Drillbohrer aus, nachdem ich mich überzeugt hatte, dass die Anwendung anderer Instrumente für diesen Zweck mit grossen Uebelständen verbunden ist. Hat man grosse Uebung in der Operation erlangt, so gelingt es das Labyrinth anzubohren. Es darf indess nicht unerwähnt bleiben, dass man häufig, wenn der Assistent das Thier nicht genügend fixirt oder der Bohrer abgleitet, direct in's Gehirn gelangt, ein Vorkommniss, welches natürlich den Versuch scheitern lässt. Nicht minder häufig dringt der Bohrer in die Paukenhöhle. Hieraus geht schon hervor, wie relativ schwierig das Operationsverfahren ist. Ganz besonders muss ich hervorheben, dass die Orientirung in diesem so kleinen Raume selbst für den geübten Operateur häufig ganz unmöglich ist, so dass es geradezu unerklärlich erscheint, wie Högyes seiner Angabe nach den Utriculus, die horizontale und vordere verticale Ampulle u. s. f. am lebenden Kaninchen gesondert freilegen und isolirt reizen konnte. Ich muss dieses Punktes um so mehr Erwähnung thun, als Jeder, der sich mit der Anatomie des Kaninchenohrs beschäftigt und Gelegenheit gehabt hat, darauf bezügliche Obductionen auszuführen, weiss, wie schwer die Orientirung selbst am todten Organe ist. Ich für meinen Theil muss bekennen, dass ich nicht im Stande war, die Versuche mit der von Högyes angegebenen künstlerischen Fertigkeit auszuführen, sondern dass sich meine Versuche auf den Vorhof in seiner Totalität erstrecken; mir ist es nicht möglich gewesen, trotz einer immerhin grossen Zahl von Versuchen die einzelnen häutigen Theile des Ohrlabyrinths freizulegen und isolirt zu reizen, obschon ich die anatomischen Verhältnisse des Ohrlabyrinths beim Kaninchen genau kenne.

Die Entfernung der Flocke ein- oder beiderseitig hat in den meisten Fällen keine Erscheinungen im Gefolge; indess zeigte sich doch in einigen Versuchen in demselben Augenblicke, in dem die Loslösung der Flocke vom Gehirn erfolgte, ein deutlicher bilateraler Nystagmus, der nach kurzer Zeit verschwindet. Häufig gelingt es auch denselben von Neuem in Erscheinung treten zu lassen, wenn man mit einem kleinen Schwämmchen einen Druck auf den Flockenstiel ausübt. Lässt man das Versuchsthier vom Tische auf den Erdboden herunter, so lassen sich Störungen irgend welcher Art an

dem Thiere nicht beobachten. Die Bewegungen sind die normalen, das Thier läuft im Zimmer umher, putzt sich die Schnauze u. s. f. Wird nun das Labyrinth angebohrt, so entsteht sogleich ein beiderseitiger hochgradiger Nystagmus, dem gewöhnlich eine Starre der Augen mit sogleich nachfolgenden krampfhaften Rotationen derselben vorangeht. Mit dem Nystagmus verbindet sich in fast allen Versuchen die Magendie'sche Augenstellung, so dass das Auge der operirten Seite nach oben aussen, das der nicht operirten Seite nach innen unten zu stehen kommt. Diese Augenstellung bleibt indess nicht immer bestehen, sondern es stellen sich bei unverändertem Nystagmus die Augenaxen zeitweise normal, zeitweise auch so, dass das Auge der nicht operirten Seite nach aussen und oben zu stehen kommt. Die ferneren Erscheinungen an den Augen sind äusserst wechselnd; häufig lässt allmählich der im Beginne sehr heftige Nystagmus nach und die Augen kehren in die Ruhestellung zurück.

Lässt man die so operirten Thiere vom Tische auf den Erdboden herunter, so fängt meist der Nystagmus von Neuem an; es zeigt sich starkes Kopfpendeln, ferner Rollungen um die Längsachse und Zeigerbewegungen zumeist nach der operirten Seite, manchmal auch Rückwärtsbewegungen. Ab und zu lassen diese zwangsartigen Bewegungen nach und die Thiere liegen erschöpft auf dem Boden. Allmählich richten sich die Thiere wieder auf und treibt man sie durch irgend welche Reize zum Laufen an, so taumeln sie meist nach der operirten Seite.

Bei der Obduction dieser Thiere, welche meist kurze Zeit nach der Operation vorgenommen wurde, da es gerade darauf ankam, die durch die Operation erzeugten anatomischen Laesionen genauer kennen zu lernen, ergaben sich in vielen Fällen, ja in weitaus den meisten, schon makroskopisch nachweisbare Veränderungen am Kleinhirn und dessen Nachbarschaft; ich fand Blutungen an der Oberfläche desselben unter der Dura und Pia, manchmal auch solche in der Kleinhirnsubstanz selbst. Ich fand sie am Wurm und an den Kleinhirnschenkeln. In einigen Versuchen, in denen intra vitam die nämlichen oben beschriebenen Störungen zu beobachten gewesen waren, liessen sich makroskopisch nachweisbare Veränderungen am Gehirn nicht constatiren. Dass in allen hier in Betracht kommenden Fällen das Labyrinth erbrochen und von Blut erfüllt gefunden wurde, sei hier noch besonders erwähnt.

Ausser diesen gelungenen Versuchen habe ich noch einzelner Versuche Erwähnung zu thun, in denen bei der Obduction das Labyrinth gar nicht erbrochen gefunden wurde und in denen trotzdem alle oben angeführten Störungen vollzählig vorhanden waren. In diesen Fällen war der Bohrer neben dem Labyrinth in die Paukenhöhle (Bulla ossea) gedrungen und bei

der Obduction liessen sich auch hier schwere Laesionen des Kleinhirns nachweisen, auch hier fanden sich Blutungen vor.

Wenn ich demnach in Kürze meine Versuchsresultate zusammenfasse, so beobachtete ich in einigen Fällen schon bei Entfernung der Flocke Nystagmus, bei Eröffnung des Labyrinths in allen Fällen Starre der Augen mit Nystagmus, meist verbunden mit Magendie'scher Augenstellung, Kopfpendelungen, Längsrollungen, Uhrzeiger- und Rückwärtsbewegungen des Körpers; Störungen, welche nicht immer der operirten Seite entsprachen, sondern auch zeitweise auf der entgegengesetzten in Erscheinung traten.

Diese Beobachtungen widersprechen ganz und gar den Resultaten, welche Högyes[1] mittheilt. Nach Högyes kommt beim Erbrechen des Labyrinths, falls die Operation mit gehöriger Vorsicht ausgeführt wird, durchaus keine Bewegungsstörung zum Vorschein und auch dann noch nicht, wenn in das künstlich eröffnete Labyrinth eine feine Glasröhre eingeführt wird, in welche die Perilymphe aufgesogen wird, obschon man doch annehmen müsste, dass durch das Einführen der Röhre eine mechanische Reizung der labyrinthären Nerven erfolgen müsste. Erst durch sanftes Einblasen von Luft in's Labyrinth entsteht bei Högyes bilaterale Augenbewegung und durch stärkeres Blasen heftiger bilateraler Nystagmus. Nach Högyes kommt demnach durch das einfache Ausfliessen der Perilymphe bez. durch das Aufsaugen derselben in die Glasröhre keine Störung an den Augen zu Stande, wohl aber beim Einblasen von Luft. Was schreibt nun Högyes weiter? „Eben dasselbe — nämlich einfache Augenbewegungen oder nystagmische Oscillationen — geschieht, wenn wir die Perilymphe in die Glasröhre wieder zurücksaugen." Also beim ersten Ansaugen der Perilymphe erfolgt keine Störung, später entstehen bei derselben Manipulation „einfache Augenbewegungen oder nystagmische Oscillationen." Eine Aufklärung dieses Widerspruches zu geben, ist mir unmöglich, wie ich ausserdem bekennen muss, dass mir trotz aller Mühe eine mit gleichem Erfolge ausgeführte Wiederholung des Versuches nicht gelungen ist. Ebenso wenig konnte ich in dem so kleinen und engen Raum der Fossa subarcuata des Kaninchens mich so orientiren, dass ich gleich Högyes im Stande gewesen wäre, den horizontalen Canalis semicircularis oder dessen Ampulle frei zu legen und isolirt zu reizen. Alle Uebung hilft hier nicht aus und von der Unmöglichkeit einer derartigen Versuchsanordnung kann sich Jeder überzeugen, der sich der Mühe unterzieht, die Versuche zu wiederholen.

Högyes reizte aber nicht nur die häutigen Theile des Vorhofs mechanisch, sondern es gelang ihm sogar einen grossen Theil des häutigen Laby-

[1] A. a. O. S. 562.

rinths herauszunehmen und die zurückbleibenden Theile mittels Acid. nitricum dilutum zu zerstören. „Nunmehr konnten durch Wellenbewegung der Flüssigkeit oder durch mechanische Berührung der Vorhofswand weder Nystagmus noch Kopfpendelungen hervorgerufen werden.“ Dieser Versuch kann, wenn anders er überhaupt ausführbar ist, für etwaige Schlussfolgerungen ernstlich nicht in Betracht kommen. Welche Flüssigkeit soll denn jetzt, nachdem Alles zerstört ist, in Wellenbewegung versetzt werden? Die Peri- und Endolymphe ist abgeflossen, statt ihrer befindet sich in den Räumen des Labyrinths Salpetersäure, welche nicht allein Alles zerstört, sondern, sei es durch die Knochensubstanz oder durch die Aquaeductus und die Gefässcanäle, bis in die Gehirnhöhle diffundirt, wie ich dies in früheren Versuchen habe constatiren können. Und trotzdem beobachtet Högyes gar keine Störungen. Eine Erklärung dieser Resultate vermag ich nicht zu geben. Noch unklarer erscheinen mir die Mittheilungen von Högyes, welche sich auf die Wiederholung der von mir zuerst beschriebenen Einspritzungsversuche an Kaninchen beziehen. Högyes giebt an, dass er bei Kaninchen nach Eröffnung des Vestibulum einzelne Theile des Labyrinths herausgenommen, die übrigen Theile mit Acit. nitricum dilut. getödtet und nun nach der von mir angegebenen Methode Einspritzungen von Kochsalzlösungen und Luft unter verschiedenem Druck gemacht hat und dass es ihm nunmehr nicht mehr gelungen ist, irgend welche Schwindelerscheinungen hervorzurufen.

Nun wird Jeder, der meine hierauf bezüglichen Mittheilungen gelesen hat, finden, dass meine Einspritzungsversuche ein vollständig intactes Labyrinth und eine vollständig unversehrte Paukenhöhle (Bulla ossea) voraussetzen. Was thut Högyes? Er erbricht zuerst das Labyrinth und die Folge davon ist, dass bei seinen Versuchen die in die Paukenhöhle eingeführten Flüssigkeiten in gleicher Weise, wie Luft durch die künstlich angelegte Oeffnung des Labyrinths nach Aussen gelangen, also gar nicht den Weg nehmen können, den ich bei meinen Einspritzungsversuchen nachgewiesen habe.

Dass natürlich solche fehlerhafte Versuche den Anspruch auf Beweiskraft nicht erhalten können, liegt wohl klar auf der Hand und der Zweifel wird um so grösser, da sich mir bei Wiederholung des von Högyes angegebenen „entscheidenden Experiments“ ganz andere Resultate ergaben, als Högyes mitzutheilen beliebte.

Bei der Differenz unserer Versuchsresultate wird es natürlich kaum möglich erscheinen, eine Einigung herbeizuführen und die Frage zu beantworten, ob wir es hier mit einer Labyrinthlaesion allein zu thun haben, wie Högyes behauptet, oder ob es sich um Complication von Seiten des Gehirns handelt. Wenn ich die Resultate meiner Versuche genauer betrachte, so sprechen meine Beobachtungen nur und allein für eine Gehirnlaesion.

Soweit eine solche durch den Obductionsbefund sicher erwiesen ist, würde es nur der Aufklärung bedürfen, wie dieselben entstehen. Betrachten wir die Art des Eingriffs — Erbrechen des Schädels, Entfernen der Flocke, Erbrechen des Labyrinths — so haben wir genügende Ursache für die durch die Obduction nachgewiesenen Blutungen und Quetschungen, und sicherlich würden diese Störungen Högyes nicht entgangen sein, hätte er das Gehirn jedesmal darauf hin untersucht.

Wie verhält es sich aber mit denjenigen Versuchen, in denen die Gehirnlaesion anatomisch nicht nachgewiesen werden konnte? Hier muss ich den Nachweis der Hirnverletzung schuldig bleiben; sie wird aber physiologisch höchst wahrscheinlich, wenn wir die bei den einzelnen Versuchen auftretenden Störungen genauer in's Auge fassen; es sind dieselben zwangsartigen Bewegungen, wie wir sie nach Verletzung der Kleinhirnschenkel beobachten und was besonders wichtig erscheint, ist der fortwährende Wechsel der Störungen bei dem scheinbar gleichen Eingriff, eine Variation, wie wir sie nur nach Laesion der Kleinhirnschenkel zu finden gewöhnt sind; ganz besonders gilt dies von der in meinen Versuchen beobachteten Magendie'schen Augenstellung, deren Entstehungsursache noch niemals in einer Reizung der vestibulären Acusticuszweige gesucht wurde.

Uebrigens müssen auch in den Versuchen, welche Högyes ausgeführt und beschrieben hat, Reizungen oder Quetschungen benachbarter Gehirnpartien zur Erzeugung des Nystagmus mit beigetragen haben; es ergiebt sich dies aus der von ihm angeführten Thatsache, dass er durch mechanisches Kratzen des Bodens der Fossa mastoidea bilaterale Augenbewegungen erzeugen konnte. Wie sollte hier eine Reizung der in der compacten Knochensubstanz liegenden Vestibularenden des Acusticus erzeugt werden? Wiederholt man den Versuch am todten Kaninchen, so überzeugt man sich, wie durch jedesmaligen Druck eines kratzenden Instruments bei der Schlaffheit der ligamentösen Verbindungen zwischen Hinterhaupt und Felsenbeinen die benachbarten Gehirnpartien einer Verschiebung und Quetschung ausgesetzt sind, und so erklärt sich leicht, dass ein einfacher Druck auf die Fossa mastoidea des lebenden Thieres gelegentlich bilaterale nystagmusartige Augenbewegungen hervorruft.

Wenn ich demnach nachgewiesen habe, dass die von Högyes angegebene Versuchsmethode viele Fehlerquellen in sich birgt, wenn ich ferner bei Wiederholung seiner Versuche zu ganz anderen Resultaten gelangt bin, wenn ich ferner habe zeigen können, dass von einer Wiederholung meiner Einspritzungsversuche bei Högyes in der von ihm beliebten Art nicht die Rede sein kann, so erscheinen die von ihm deducirten Schlussfolgerungen in keiner Weise beweiskräftig und nicht dazu angethan, meinen früheren Schlüssen mit Erfolg entgegen zu treten.

Mit der Wiederholung der Högyes'schen Versuche bez. mit der Zurückweisung der von ihm aufgestellten Behauptungen ist indess für die weitere Aufklärung der zur Discussion stehenden Frage wenig gethan und hielt ich mich verpflichtet, durch erneute Versuche, wenn möglich, die Sachlage zu klären. Kaninchen eignen sich für die vorliegenden Zwecke in keiner Weise; die mechanische Eröffnung des Labyrinths ohne Gehirnlaesionen halte ich auf Grund reicher Erfahrung bei dieser Thierspecies nicht für gut möglich, wie ich dies bereits früher [1] ausgesprochen habe. Ich habe deshalb meine neuen Versuche wiederum an Hunden ausgeführt, bei denen man nach Eröffnung der Bulla ossea vom Halse aus mit Leichtigkeit das Labyrinth erreichen kann. Ich versuchte dasselbe einer mechanischen Reizung auszusetzen und um jedwede Complication auszuschliessen, operirte ich hier im entscheidenden Momente ohne Narkose. Ich wollte dadurch dem Einwand begegnen, dass etwa die Reizung der vestibulären Acusticuszweige in Folge der Narkose nicht zur Beobachtung des Experimentators gelangt, ein Einwand, der in der That sich mir als berechtigt darstellte, als ich das Erbrechen des Labyrinths am nicht narkotisirten Thiere vornahm. Die im Laboratorium des Hrn. Prof. H. Munk geübte Narkose, bestehend in Morphiuminjectionen und nachfolgenden Aetherinhalationen, entfaltet ihre Wirkung gewöhnlich für volle 24 Stunden, ja manchmal auch noch etwas länger, und es entgeht auf diese Weise eine Reihe von sogleich nach der Operation auftretenden Erscheinungen den Augen des Beobachters, und um diese genau verfolgen zu können, wurden in allen für den vorliegenden Zweck ausgeführten Operationen die Thiere nur bis nach Eröffnung der Bulla ossea in eine leichte Aethernarkose versetzt. Nachdem der Voract der Operation vollendet, wurde die Narkose unterbrochen und abgewartet, bis die Thiere ihr vollständiges Bewusstsein wieder erlangt hatten. Erst jetzt, nachdem die Thiere wieder erwacht und ganz munter geworden waren, wurde mittels eines Pfriemens das Labyrinth erbrochen und sogleich wurden die Hunde vom Operationstisch auf den Erdboden heruntergelassen, um jedwede Störung genau beobachten zu können. Die Erscheinungen, welche sich hierbei zeigten, sind folgende. In einigen Versuchen verhielten sich die operirten Thiere absolut normal; sie liefen im Zimmer umher, zeigten keine Störungen an den Augen oder in ihren Bewegungen und bei der kurze Zeit darauf ausgeführten Obduction konnte die Eröffnung des Labyrinths mit Sicherheit nachgewiesen werden. Dasselbe war von Blut erfüllt. Gegenüber diesen Versuchen zeigte sich in anderen — und in der Mehrzahl derselben — folgender Symptomencomplex. Sogleich beim Erbrechen des Labyrinths zeigte sich ein beiderseitiger hochgradiger Nystagmus, es

[1] *Dies Archiv.* 1881. S. 216.

rollten die Augen ununterbrochen umher und hierzu gesellte sich in einigen Fällen eine Verengerung der Pupille auf der operirten Seite und in anderen Fällen eine Empfindungslosigkeit der Cornea. Man konnte sie berühren mit dem Finger oder mit einem spitzen oder stumpfen Instrumente, ohne dass auch nur die geringste Spur einer Reflexerregbarkeit nachweisbar gewesen wäre, während das Auge der anderen Seite auf denselben Reiz lebhaft reagirte. Ich muss noch erwähnen, dass, abgesehen von dem Verlust der Reflexerregbarkeit der Cornea, auch der Lidschluss des oberen Augenlids in diesen Fällen verloren gegangen war.

Wurden die Thiere vom Tische auf den Erdboden heruntergelassen, so fielen sie auf die operirte Seite und es gelang ihnen nur schwer, sich aufzurichten. Bei jedem Versuche hierzu traten die heftigsten Schwindelerscheinungen (Zwangsbewegungen) auf und zwar so, dass dieselben in ihrer Qualität häufig wechselten; dasselbe Thier, welches jetzt sich um seine Längsaxe rollte, zeigte wenige Minuten darauf die heftigsten Uhrzeigerbewegungen, welche gewöhnlich damit endeten, dass die Thiere hinfielen und auf dem Boden lagen; bei jedem neuen Versuche sich aufzurichten und Vorwärtsbewegungen auszuführen, traten dieselben Schwindelerscheinungen von Neuem auf. Hierzu gesellte sich in einzelnen Fällen eine starke Absonderung eines zähen Speichels und Schleims aus Mund und Nase. Allmählich liessen die heftigen Erscheinungen nach und etwa $1^1/_2$ bis 2 Stunden nach der Operation gelang es den Hunden, taumelnd zwar nach rechts und links, breitbeinig durch das Zimmer zu gehen, stets bemüht, sich im Gleichgewicht zu halten.

Einige Thiere wurden sogleich nach der Operation getödtet und die Obduction ergab keine nachweisbaren Veränderungen im Gehirn. Andere wurden am Leben belassen; davon starben einzelne an den Folgen der Operation wenige Tage darauf und bei der Obduction zeigte sich starkes Oedem des Gehirns und der Ventrikel mit Hyperaemie der Meningen. Der grössere Theil der operirten Thiere blieb am Leben und bei diesen ergab die weitere Beobachtung, dass fast alle Erscheinungen sich allmählich zurückbildeten, zuerst der Nystagmus, der meist schon nach 24 bis 36 Stunden verschwunden war, später auch die Taumelbewegungen, welche sich höchstens noch bei kurzen Wendungen und Drehungen der Thiere in geringem Maasse zu erkennen gaben. Auch die Anaesthesie der Cornea bildete sich allmählich zurück. Nur die Kopfhaltung war bei einigen Thieren nicht die normale; die Thiere hielten denselben etwas schief, das Auge der operirten Seite nach unten, das der nicht operirten Seite nach oben gewendet. Wurden diese Thiere später getödtet, so liess die anatomische Untersuchung eine Affection des Gehirns nicht erkennen; dagegen waren die Labyrinthe bei denjenigen Thieren, die etwas früher getödtet waren, im Zustande hoch-

gradiger Entzündung; bei anderen, die erst längere Zeit später getödtet wurden, waren sie, je nach dem Orte des Eingriffes ein- oder beiderseitig zerstört, man fand hier nur Narbengewebe vor.

Ueberblicken wir die in Folge der Operation am Labyrinth des Hundes auftretenden Erscheinungen, so fällt auch hier, ähnlich wie bei den Kaninchenversuchen, die Mannigfaltigkeit und der Wechsel der Erscheinungen bei dem gleichen oder wenigstens intendirt gleichen Eingriffe auf. Das eine Mal beobachten wir beim Erbrechen des Labyrinths gar keine Störungen, das andere Mal die lebhaftesten Zwangs- und Schwindelbewegungen an den Augen und am Körper, welche letztere an demselben Thier derart wechseln, dass auf Drehbewegungen Längsrollungen und Rückwärtsbewegungen zeitlich folgen. Hierzu gesellt sich eine Verengerung der Pupille in einzelnen Fällen, in anderen Unempfindlichkeit der Cornea.

Handelt es sich hier nun um eine isolirte Reizung der vestibulären Acusticuszweige oder liegen hier andere Störungen zu Grunde? Dass durch ein Erbrechen des Labyrinthes und durch den Abfluss der Perilymphe eine Reizung der vestibulären Nerven gesetzt werden kann, ist gewiss möglich; aber bei dieser Annahme ist das Ausbleiben aller Störungen in den vorhin angeführten Versuchen nicht zu erklären und auch nicht der Wechsel der einzelnen Störungen und auf der anderen Seite ist, soweit der anatomische Nachweis einer Gehirnlaesion bei den vorliegenden Versuchen am Hunde verlangt wird, aus den Obductionsbefunden derselbe nicht zu erbringen. Es entsteht hier eine grosse Schwierigkeit, welche um so mehr in's Gewicht fällt, als alle diejenigen Autoren, welche die Ursache der in Frage stehenden Störungen in einer Reizung der vestibulären Acusticuszweige suchen, immer wieder auf den Mangel einer anatomisch nachweisbaren Hirnlaesion hinweisen und das Fehlen derselben zur Stütze ihrer Anschauungen benutzen werden. Wie erklärt sich die Anaesthesie der Cornea, welche doch nach unseren jetzigen Kenntnissen auf eine Laesion des Trigeminus zurückzuführen ist und besonders des Astes, welcher mit dem Ohr in gar keiner Beziehung steht? Es galt demnach diese Schwierigkeit zu beseitigen. Ich glaube diese Aufgabe durch folgende Versuche gelöst zu haben.

Gelegentlich der Versuche, welche Mendel[1] „über den paralytischen Blödsinn bei Hunden“ in unserem Laboratorium anstellte, war es mir aufgefallen, dass Hunde, welche wenige Minuten auf der Drehscheibe gedreht wurden, Nystagmus und Kopfpendelungen zeigten, Erscheinungen, welche allerdings schnell vorübergingen. Im Anschluss an diese Beobachtung führte ich die Versuche so durch, dass die Thiere, nachdem sie wenige Minuten gedreht waren, sogleich vom Tische losgebunden und auf die Erde ge-

[1] *Sitzungsberichte der königlich preussischen Akademie.* 17. April 1884.

lassen wurden. Abgesehen von dem Nystagmus und den Kopfpendelungen taumelten jetzt die Hunde nach der einen oder anderen Seite, erholten sich aber von den Störungen recht schnell und zeigten nach kurzer Zeit keine Veränderungen weiter. Halte ich diese Störungen denjenigen gegenüber, welche ich nach Erbrechen des Labyrinthes beobachtet und beschrieben habe, so zeigen sich fast nur graduelle und zeitliche Unterschiede, sonst gleichen sie sich vollständig und alle diese Störungen sind hervorgerufen in den Drehversuchen einzig und allein durch Aenderung der hydrostatischen und hydrodynamischen Verhältnisse innerhalb der Schädelhöhle, durch Veränderungen der Circulation, welche in letzter Instanz einen Reiz auf die Gehirnsubstanz und wahrscheinlich besonders an der Basis setzt. Dass es sich in der That so verhält, geht unzweifelhaft hervor aus dem schnellen Schwinden aller Erscheinungen. Die eben beschriebenen Störungen zeigen sich aber auch an solchen Hunden, welche vorher beiderseits ganz taub gemacht waren; auch solche tauben Hunde, auf die Drehscheibe gebracht, zeigen nach Drehungen Nystagmus, Kopfpendelungen und Taumelbewegungen.

Was demnach aus diesen Versuchen mit Sicherheit hervorgeht, ist, dass zur Erzeugung der Schwindelerscheinungen die Existenz eines oder beider Ohrlabyrinthe nicht nöthig ist und dass sie entstehen können ohne anatomisch nachweisbare Gehirnlaesionen, einzig und allein durch Störungen der Circulation und durch Aenderung der Druckverhältnisse im Schädelraum.

Uebertragen wir nun diese Erfahrungen auf unsere Versuche, so ergiebt es sich, dass eine anatomisch nachweisbare Gehirnlaesion bei den in Frage stehenden Schwindelerscheinungen gar nicht vorhanden zu sein braucht; es genügt einzig und allein eine Störung, welche im Stande ist, einen Reiz auf diejenige Gehirnpartie zu setzen, von der aus ähnliche oder gleiche Erscheinungen ausgelöst werden. Nur dieser ist es, der ursächlich hier in Frage kommt; fällt die Rückwirkung auf's Gehirn aus irgend einem Grunde aus, so werden die nachfolgenden Störungen trotz der Eröffnung des Labyrinthes und trotz der Reizung der vestibulären Acusticuszweige vergebens erwartet. Die Frage, ob in unseren Versuchen secundär auf's Gehirn eingewirkt wird, kann in Anbetracht der anatomischen Verhältnisse, der Verbindungen des Labyrinthes mit dem Ohre, der gemeinschaftlichen Gefässversorgung nur bejaht werden. Um so wahrscheinlicher wird diese Annahme, wenn wir im physiologischen Experiment eine Reihe von Störungen beobachten, wie die Anaesthesie der Cornea, welche sich nur durch Laesion des Trigeminus an der Schädelbasis erklären lassen. Eine andere Frage ist es, wie die Laesionen zu Stande kommen. Ob sie erzeugt werden durch plötzlichen Abfluss der Cerebrospinalflüssigkeit nach Eröffnung des Labyrinths oder durch Aenderungen der Circulation oder durch Reibungen des Gehirns an der Schädelbasis unter Mitwirkung der beiden ersten Factoren, würde

erst einer weiteren Untersuchung bedürfen; meine Bemühungen, diesen Punkt aufzuklären, waren bisher von keinem Erfolge begleitet; ich behalte es mir indess vor, auf diesen Punkt später nochmals zurückzukommen, wenn ich über fernere Versuche, welche noch nicht zum Abschluss gelangt sind, Bericht zu erstatten Gelegenheit haben werde.

Zum Schluss möchte ich noch mit wenigen Worten auf „die Ergebnisse der Durchschneidung des Nervus acusticus“ von Bechterew[1] zurückkommen. Auf die Resultate dieses Forschers gehe ich nicht weiter ein; es mag genügen, die von ihm angegebene Operationsmethode einer genaueren Betrachtung zu unterziehen. Bechterew führt durch ein seitlich vom Gelenk zwischen Occipitalknochen und Atlas gemachte Oeffnung am Hundeschädel ein aus einem runden Stilet bestehendes Instrument in die Schädelhöhle ein und schiebt es an der inneren Fläche des Pyramidenknochens gleitend nach unten und vorn vor und durchtrennt nach Erreichung des inneren Foramen auditivum den Nervus acusticus. Die Operation wird also im Dunkeln ausgeführt, nichtsdestoweniger ist Bechterew der Meinung, bei diesem Operationsverfahren die benachbarten Gehirntheile schonen zu können. Es bedarf keiner besonderen Kenntniss der anatomischen Verhältnisse, um sich zu überzeugen, dass auf diese Weise ein reiner Versuch überhaupt nicht ausführbar ist. Es soll durchaus nicht geleugnet werden, dass der Acusticus gelegentlich durchschnitten wird; was aber bei der Lage des Gehirns schon durch Einführung des Instruments stets geschieht, sind Quetschungen des Gehirns, Blutungen u. s. w., welche allein schon im Stande sind, alle Schwindelerscheinungen zu erzeugen. Wenn nun Bechterew aus einer derartigen Versuchsanordnung Rückschlüsse auf den Acusticus bez. die Bogengänge macht, so ist es klar, dass seine Resultate für die Physiologie der Bogengänge keine Bedeutung haben können.

Vorliegende Untersuchung ist im Laboratorium der hiesigen Thierarzneischule ausgeführt worden und sage ich Hrn. Prof. H. Munk für das dauernde Wohlwollen, dessen ich mich seit Jahren bei meinen Arbeiten zu erfreuen habe, meinen verbindlichsten Dank.

[1] Pflüger's *Archiv* u. s. w. Bd. XXX.

Ueber Apnoe bei Kaltblütern und neugeborenen Säugethieren.

Von

Hans Aronson.

In der letzten Zeit ist unter den Fragen, die die Physiologie der Athmung betreffen, mit besonderer Vorliebe die der Apnoe erörtert worden, die interessant und wichtig ist wegen der Bedeutung, die sie für die Theorie des Zustandekommens der Athembewegungen hat. Trotz der von vielen Seiten darauf gerichteten Untersuchungen ist bis jetzt keine völlige Uebereinstimmung unter den Autoren erreicht worden. Hr. Prof. Langendorff trug mir daher auf, die einschlägigen Verhältnisse bei den Poikilothermen, deren geringer Stoffumsatz noch praegnantere Verhältnisse vermuthen liess, genauer zu untersuchen. Diese Versuche, die während des Sommers 1884 an Fröschen und Schildkröten gemacht wurden und an die sich dann weiterhin noch solche an neugeborenen Katzen anschlossen, führten zu ganz unerwarteten Resultaten, über die ich im Folgenden kurz berichten will.

A. Versuche an Fröschen.

Um eine ausreichende künstliche Ventilation bei Fröschen auszuführen, versuchte ich folgendes, schon von Langendorff[1] beschriebenes Verfahren, das sich weiterhin völlig bewährte. In geringer Ausdehnung werden unter der Achsel Haut und Musculatur mit möglichster Schonung der dort verlaufenden Gefässe durchtrennt. Es gelingt dann leicht durch mässigen

[1] Studien über Rhythmik und Automatie des Froschherzens. *Dies Archiv.* 1884. Suppl.-Bd. S. 106.

Druck auf den Bauch oder Rücken des Thieres den einen Lungensack heraustreten zu lassen. Durch einen kleinen Schnitt wird derselbe eröffnet und der eine paarige Schenkel einer weiten T-Canüle eingeführt, möglichst schnell wird derselbe durch eine Ligatur befestigt um die Blutung aus den eröffneten Lungengefässen zu stillen. Bei einiger Uebung gelingt es leicht die ganze Operation fast ohne Blutverlust auszuführen. Falls man ohne Hülfe arbeitet, ist es gut die Lunge aussen durch eine an ihrer Spitze angebrachten Serre-fine zu fixiren. Nach der Einbindung wird die Lunge wieder in die Leibeshöhle reponirt. Der unpaare Schenkel des T-Rohres communicirte mit der Luft, der dritte durch einen Schlauch mit einem Blasebalg, der in entsprechend kleinen Dimensionen ausgeführt war. Die Froschlunge besitzt, ähnlich wie die der Säugethiere, Elasticität genug, um in den zwischen den Einblasungen liegenden Pausen die Luft durch die weite Seitenöffnung der T-Röhre auszutreiben. Die Thiere werden am besten auf den Bauch gebunden, da dann die Athmung weniger alterirt ist. Zunächst wurden die Athmungen gezählt und zwar meist nur die echten Athmungen mit Vernachlässigung der Kehlhautbewegungen. Einige Male wurden auch diese berücksichtigt. Es zeigte sich, dass sowohl während der künstlichen Respiration als auch nach derselben die Athmungen wie die Kehlhautbewegungen fortdauerten. Es wurde zwischen $^1/_2$ und 5 Minuten lang künstlich geathmet und zwar in jeder Secunde 1 bis 2 Mal. Niemals wurde nach Sistirung der Ventilation bei sofort vorgenommener Zählung eine deutliche Verlangsamung der Athembewegungen beobachtet. Von einem Stillstande, der länger gedauert hätte als die auch sonst bei der unregelmässigen Athmung des Frosches vorkommenden, war nie die Rede. Um dies Verhalten auch objectiv darzustellen, machte ich verschiedene Versuche, die Athmungen des Frosches aufzuzeichnen und gleichzeitig eine künstliche Respiration zu ermöglichen. Nach vielen vergeblichen Bemühungen erwies sich folgende Methode brauchbar. Eine ziemlich weite Canüle wurde nach Perforation des Trommelfells in die Mundhöhle durch die hier bestehende weite Communicationsöffnung eingeführt. Die Canüle wurde durch einen Schlauch mit einer Marey'schen Luftkapsel verbunden, deren Zeichenfeder die Ausschläge auf der rotirenden Trommel eines Baltzar'schen Kymographions aufschrieb. Es verzeichnen sich dann die Athmungen des Frosches und meist auch die künstlichen Athmungen durch einen Antheil der aus dem Kehlkopf hinausgelangenden Luft in genügender Weise. Störend sind nur die nicht selten eintretenden Verlegungen der Mundhöhlenöffnung der Canüle. In den meisten Versuchen wurde durch zwei kleine Signalmagnete, die fest verbunden waren und deren Spitzen genau unter der des Zeichenhebels standen, die Dauer der künstlichen Ventilation und die Zeit aufgezeichnet. Der eine Elektromagnet war behufs dessen in einen Strom

eingeschaltet, der während der künstlichen Athmung geschlossen wurde, der andere stand mit einer Baltzar'schen Reizuhr in Verbindung und markirte 10 Secunden. Auf diese Weise wurde die in Fig. 1 wiedergegebene Curve gewonnen. Die künstliche Athmung dauerte $^1/_2$ Minute (in jeder Minute zwei Mal). Die höheren Ausschläge deuten dieselbe an und zwar bietet dieser Theil der Curve ein Interferenzbild zwischen der künstlichen und der dabei fortdauerden natürlichen Respiration.

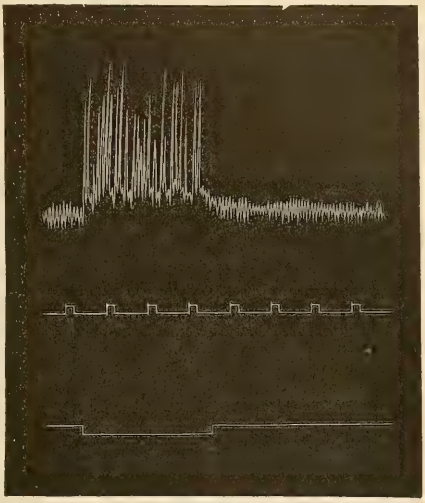


Fig. 1.

In einer grossen Anzahl von Versuchen überzeugte ich mich direct von dem Erfolge der Ventilation. Die Thiere wurden dann auf dem Rücken gebunden, das Herz und die grossen Bauchvenen freigelegt. Besonders am Herzen beobachtet man dann deutlich, wie nach schon 3 bis 4 maligem Luftwechsel der Ventrikelinhalt sich roth färbt. Auch in der mittleren Bauchvene ist ein Farbenwechsel zu constatiren. An Curarefröschen, deren Blut sehr dunkel ist, ist der Erfolg der künstlichen Athmung ein sehr praegnanter.

B. Versuche an Schildkröten.

Der Modus der Athembewegungen der Schildkröten (es wurde zu diesem Versuche ausschliesslich Testudo graeca benutzt) kommt schon viel näher dem der Säugethiere. Die Athmung ist unabhängig von den Rachenbewegungen. Sie erfolgt durch die Ausdehnung der Lungen, die wieder durch Erweiterung der Leibeshöhle vermittelst activer Muskelkräfte bewirkt wird. Das Vorhandensein einer nicht allzukurzen mit Knorpelringen ausgestatteten Trachea erleichtert die Ausführung künstlicher Ventilation und die graphische Darstellung der Athembewegungen. Ich wandte in den verschiedenen Versuchen nicht ganz dieselbe Anordnung an. Bei den ersten wurde in die Trachea, die nur eine kurze Strecke einheitlich ist, da sie sich schon weit vor ihrem Eintritt in die Lunge gabelt, eine Canüle eingebunden, die mit einem der paarigen Schenkel eines T-Hahnes in Verbindung gesetzt wurde. Zu dieser Operation ist es nicht nöthig, die Schildkröte aufzubinden, sondern man lässt in der Rückenlage den Kopf und die

Füsse durch einen Gehülfen fixiren. Auch während des Versuchs genügt die Rückenlage meist zur Immobilisirung. Der unpaare Schenkel jenes T-Hahnes war mit einem T-Rohr im Zusammenhang, das einerseits mit der freien Luft communicirte, andererseits mit einem Blasebalg verbunden war. Von dem letzten Schenkel jenes Hahnes führte die Leitung zu einer doppelt tubulirten Flasche, die als Luftreservoir diente und von hier schliesslich zu einer Marey'schen Luftkapsel. Für gewöhnlich war der Hahn so

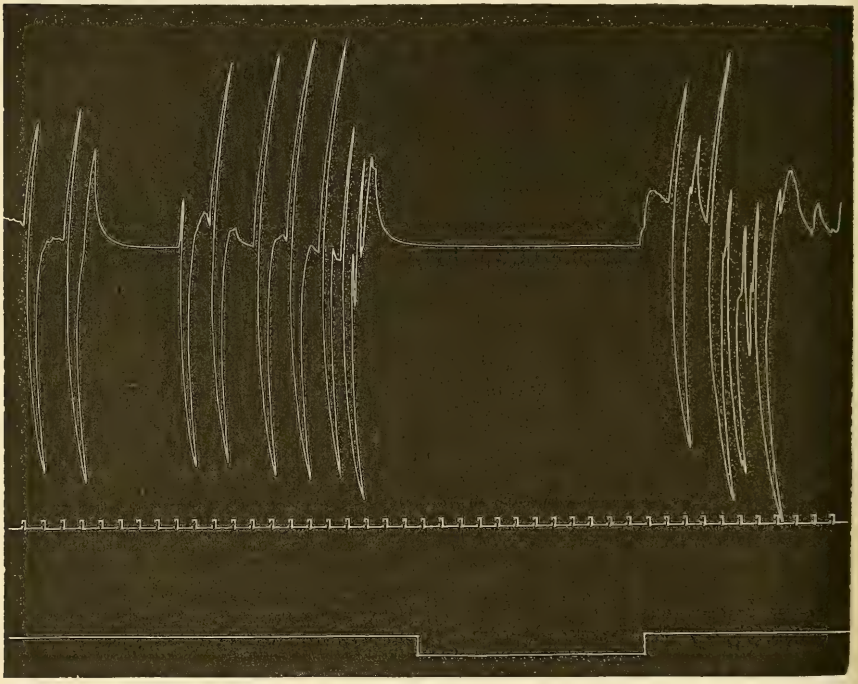


Fig. 1.

gestellt, dass die Trachealcanüle allein mit der Luftflasche communicirte; sollte künstlich geathmet werden, so war sie nur mit dem T-Rohr und dem Blasebalg verbunden. In demselben Moment, in dem mit der künstlichen Respiration aufgehört wurde, musste der Hahn umgestellt werden, damit sich eine etwa gleich darauf eintretende spontane Athmung markirte. Die Verbindungen mit dem T-Hahn waren sämmtlich ganz kurz bemessen, um bei der natürlichen Athmung die Luftflasche, bei der künstlichen das T-Rohr, dessen unpaarer Schenkel ja zur Entfernung der Exspirationsluft diente, der Trachealcanüle möglichst nahe zu bringen. Die Registrirung der Zeit und der Dauer der künstlichen Ventilation geschah ebenso wie beim Frosch. — Die Athembewegungen der Schildkröten erfolgen nun

keineswegs in dem regelmässigen Rhythmus wie die der Säugethiere; ja es kommen viel längere Pausen vor als bei Fröschen. Nachdem nun künstlich geathmet war — zwischen zwei und fünf Minuten (in jeder Secunde ein Mal) — beobachtete ich nie längere Stillstände, als sie auch sonst eintraten. War der Typus der Athembewegungen regelmässiger, so folgten auch nach der Ventilation sofort spontane Athmungen. Einen solchen Versuch, bei dem zwei Minuten lang (120 Mal) künstlich respirirt wurde, illustrirt Fig. 2. (Die Zeitmarkirung erfolgte alle 10 Secunden.)

Da man nun vielleicht gegen diese Versuchsanordnung einwenden könnte, dass die hier künstlich gesetzten Bedingungen für die Athmung des Thieres so ungünstig gewesen seien, dass deshalb eine Apnoe ausblieb, so wandte ich in anderen Versuchen ein etwas modificirteres Verfahren an. — Die Luftflasche wurde fortgelassen und das **T**-Rohr unmittelbar mit der Trachealcanüle verbunden. Nach dem **T**-Rohr wurde dann derselbe Hahn wie oben eingeschaltet, der dann direct mit der Marey'schen Kapsel und mit einem grossen Blasebalg communicirte. Von den Athmungen übertragen sich jetzt nur Partialwerthe auf die Marey'sche Kapsel. Damit die Ausschläge nicht zu klein wurden, wurde das Lumen des offenen Schenkels jenes **T**-Rohres vermittelst eines an derselben angesetzten, theilweise zugeklemmten Gummischlauches etwas verengt. Auch bei dieser Anordnung war der Erfolg der Ventilation ein negativer. — Um zu controliren, ob der Luftaustausch bei dieser Versuchsanordnung ein genügender sei, wurde eine Canüle in die Trachea eines mittelgrossen Kaninchens eingeführt und die Verbindung genau ebenso hergestellt wie oben. Auch hier wurde mit demselben Blasebalg und in demselben Modus wie bei der Schildkröte 120 Mal in zwei Minuten geathmet. Es gelang dann in vorzüglichster Weise eine Apnoe hervorzurufen, die nach Sistirung der Ventilation noch über 20 Secunden währte.

C. Versuche an neugeborenen Säugethieren.

Vielfach hat man sich bemüht, das Nichtauftreten von Athembewegungen beim Fötus zu erklären, und es hat wohl die Ansicht unter den Physiologen und Geburtshelfern sich die meiste Geltung verschafft, welche den Zustand der Frucht völlig gleich hält dem der Apnoe, wie wir sie bei älteren Säugethieren so leicht künstlich erzeugen können. Demnach sollte man glauben, dass es bei eben geborenen Thieren vorzüglich gelingen müsste, durch reichlichere Sauerstoffzufuhr ausgesprochenen Athmungsstillstand herbeizuführen. Zu diesem Behufe untersuchte ich mehrere neugeborene Katzen.

Um die Verhältnisse zunächst nicht unnütz zu compliciren und um mit möglichst einfacher und darum vorwurfsfreier Methode zu arbeiten, unterliess ich anfangs jede Aufzeichnung der Athembewegungen und beschränkte mich auf directe Inspection. Ein 24 Stunden altes Kätzchen wurde aufgebunden, eine Canüle in die Trachea eingeführt, diese durch einen möglichst kurz bemessenen Gummischlauch mit dem paarigen Schenkel eines T-Rohrs verbunden. Der andere Schenkel communicirte mit einem kleinen Blasebalg, während das unpaare Rohr offen blieb. Es wurde nun zwei bis fünf Minuten lang künstlich geathmet und es gelang nicht selbst nur minimale Athempausen nach der Ventilation zu beobachten. Die sofort einsetzenden Athembewegungen schienen allerdings nicht ganz so kräftig, wie die vorhergehenden. Auch während der künstlichen Respiration konnte man oft deutliche Athembewegungen sehen. Besonders die Kopfathmungen sistirten keineswegs. Auch in anderen Versuchen war es nicht möglich, weder durch langsame noch durch frequentere zwei bis drei Minuten lang fortgesetzte künstliche Ventilation einen Stillstand oder eine Verlangsamung der Athembewegung zu erzielen. — Die Aufzeichnung der Athembewegungen bestätigte diese Beobachtungen. An den Curven kann man oft die Abflachung der Athmungen nach der künstlichen Respiration sehen, ein Langsamerwerden oder gar ein Aufhören derselben ist aber an keiner Stelle zu bemerken.

Ich ging, wie ich schon in den einleitenden Worten bemerkte, mit der vorgefassten Meinung an die Versuche bei Kaltblütern, hier eine Apnoe in noch viel ausgeprägterem Maasse durch künstliche Ventilation herbeiführen zu können, als dies bei Säugethieren möglich ist. Stellt man sich auf den Boden der von den meisten angenommenen chemischen Athmungstheorie, insbesondere auf die der Rosenthal'schen Erklärung für die Apnoe, so ist dies wohl vollkommen berechtigt. Denn da, wie man bei dem geringen Stoffumsatz der Poikilothermen annehmen muss, die chemischen Umsetzungen in allen Geweben nur wenig energische sind, so wird die Production der angeblich als Reize wirkenden Stoffe in den Ganglienzellen des Athmungscentrums auch nur eine geringe sein. Es müsste also — wenn in diesen Verhältnissen eine völlige Analogie zwischen Poikilothermen und Warmblütern besteht — leicht gelingen, das Blut in einen Zustand von Sauerstoffsättigung zu bringen und zwar auf längere Zeit (bei dem geringen O-Verbrauch), in welchem die in den Ganglienzellen entstandenen Reizstoffe so schnell oxydirt werden, dass sie sich nicht anhäufen und zur Wirksamkeit gelangen können. Wie hat man sich nun das völlig andere Verhalten der Kaltblüter in diesem Punkte zu erklären? Ich glaube, dass die Unmöglichkeit der Apnoe bei Kaltblütern zusammenhängt mit der ungünstigeren

Anlage ihres Gefässsystems, da es ja bei ihnen noch nicht zu der strengen Sonderung des arteriellen und venösen Blutes gekommen ist, wie wir sie bei den Säugethieren finden. Selbst bei den höchstentwickelten Reptilien (den Krokodilen) ist immer noch Gelegenheit zur Mischung der beiden Blutarten gegeben, vollends bei den Schildkröten, bei denen die Scheidung der Herzkammern keineswegs vollkommen ist und ausserdem noch Verbindungen der Aorten mit den Pulmonarterien (Botalli'sche Gänge) bestehen. Durch diese Einrichtung ist es bedingt, dass man überhaupt nicht das Blut mit Sauerstoff sättigen kann, da dem arteriellen Blute immer solches beigemengt wird, welches die Lunge gar nicht passirt hat. — Auch die folgende Erfahrung deutet darauf hin, dass es durch künstliche Ventilation nicht gelingt, das Blut der Poikilothermen mit Sauerstoff zu sättigen. Bekanntlich bewirkt Strychnin bei Säugethieren unter lebhafter künstlicher Respiration keine Krämpfe. Bei Fröschen gelingt es nun niemals auf diese Weise Strychninkrämpfe zu unterdrücken. Ich gab Fröschen minimale Dosen des Giftes subcutan und wartete bis zum ersten Auftreten der Krämpfe. Jede leise Berührung des Rückens löste solche aus. Es wurde jetzt in der bekannten Weise mehrere Minuten lang künstlich geathmet. Niemals blieben dann sowohl während der Ventilation als kurz nach derselben die Krämpfe bei Berührung des Thieres aus. Ganz dieselben Erscheinungen zeigte ein Frosch, der vorzügliche Streckkrämpfe hatte, nachdem er einen Tag in einer sehr verdünnten Strychninlösung gesessen. Auch hier gelang es nicht durch Lufteinblasung dieselbe zu unterdrücken oder abzuschwächen.

Nach dieser Erklärung des Nichtauftretens der Apnoe bei Kaltblütern macht die Deutung des entsprechenden Befundes bei neugeborenen Säugethieren keine grossen Schwierigkeiten, da wir ja hier in manchen Verhältnissen des Gefässsystemes analoge Zustände finden. Die Unmöglichkeit einer Apnoe beruht wahrscheinlich darauf, dass kurze Zeit nach der Geburt noch etwas venöses Blut dem arteriellen beigemengt wird, indem das Foramen ovale noch nicht verschlossen und der Ductus Botalli nicht obliterirt ist. Dazu kommt vielleicht noch, dass die Entfaltung des Kreislaufes in den Lungen nicht gleich nach der Geburt so vollendet ist, wie wir sie bei erwachsenen Thieren finden. Diese Momente können es sehr wohl bewirken, dass man durch Sauerstoffeinblasungen nicht den Zustand von Sauerstoffsättigung im Blute erzielen kann, wie er zum Auftreten der Apnoe nöthig ist.

Da die Versuche von Gad und Knoll eine Betheiligung der hemmenden Lungenfasern des Vagus beim Zustandekommen der Apnoe möglich erscheinen liessen, so hätte man daran denken können, die Erklärung für die bei neugeborenen Säugethieren gefundenen Erscheinungen in einer mangelhaften Entwickelung der athmunghemmenden Functionen dieses

Nerven zu suchen, wie man sie ja nach Soltmann's bekannten Versuchen über das Hemmungsnervensystem Neugeborener erwarten könnte. Folgender Versuch beweist indessen, dass der Vagus in dieser Hinsicht schon bei ganz jungen Thieren wirksam ist: Bei einem 24 Stunden alten Kätzchen wurden die Vagi und die grossen Halsgefässe freigelegt. Um den zarten Nerven nicht durch seine Trennung von der Carotis zu alteriren, wird derselbe mit dem Gefäss doppelt unterbunden und nach dem Durchschneiden das centrale Ende dieses Stranges durch Inductionsströme gereizt. Schon bei sehr schwachen Strömen (1 Tauchelement, Schlittenapparat, 200 bis 210 mm Rollenabstand) trat dann Verlangsamung, bei stärkeren exspiratorischer Stillstand der Athembewegungen auf.

Es wäre nun sehr interessant, den Zeitpunkt zu bestimmen, von welchem an es gelingt bei Säugethieren eine Apnoe hervorzurufen und die Veränderungen bestimmt zu beobachten, mit welchen das Auftreten derselben nach der obigen Erklärung in Zusammenhang gebracht werden muss. Leider unterbrach der Beginn der Sommerferien und mein damals erfolgter Weggang aus Königsberg meine Arbeit, so dass mir über diesen sehr wichtigen Punkt nur zwei Beobachtungen zu Gebote stehen. Bei einem 6tägigen Kaninchen gelang es durch künstliche Respiration Apnoe hervorzurufen, die 12 bis 15 Secunden währte. Dagegen sistirten die Athembewegungen eines gleich alten Kätzchens nach mehrere Minuten langer Ventilation, die in verschiedenen Tempi ausgeführt wurde, nicht. Einige Male konnte allerdings eine Verlangsamung beobachtet werden. Der Zeitpunkt des ersten Auftretens der Apnoe wird sich wohl als abhängig herausstellen von dem mehr oder weniger vorgeschrittenen Zustand, in dem die verschiedenen Thiere geboren werden, und von der Schnelligkeit, mit der sie sich weiter entwickeln.

Nach der ersten Niederschrift dieser Arbeit kam mir Preyer's „Specielle Physiologie des Embryo" zu Gesicht, woraus ich ersah, dass es diesem Forscher bereits bekannt war, dass es bei ganz jungen Säugethieren nicht gelingt, durch Sauerstoffeinblasungen Apnoe zu erzeugen. Bei der Durchsicht der Litteratur, betreffend die Ursache des ersten Athemzuges bei Neugeborenen, fand ich dann, dass wohl Max Runge[1] zuerst auf diese merkwürdige Thatsache aufmerksam gemacht hat, der geneigt ist die Schwierigkeit, bez. Unmöglichkeit der Apnoe hier auf technische Schwierigkeiten zu beziehen, worin ich diesem Autor durchaus nicht beistimmen kann. Jedenfalls hat diese frappirende Erscheinung bisher unter den Physiologen nicht die gebührende Aufmerksamkeit gefunden, weshalb wohl die Mittheilung meiner Versuche nicht ohne Interesse sein dürfte.

[1] *Zeitschrift für Geburtshülfe und Gynäkologie.* Bd. II. S. 399.

Ueber den Einfluss der Temperatur auf die Absorptionsfähigkeit der Thierkohle.

Von

Otto Moszeick.

Bei den im Mai 1883 im hiesigen physiologischen Institute von Hrn. Dr. Szag[1] angestellten Versuchen über die Absorptionsfähigkeit der Thierkohle gegenüber organischen Stoffen machte Hr. Prof. Dr. Langendorff, welcher die gewonnenen Resultate controlirte, die Beobachtung, dass die Thierkohle bei höheren Temperaturen mehr von den organischen Stoffen zurückhalte, als bei niederen. Daraufhin wurde mir die Aufgabe zu Theil über diesen Gegenstand weitere Untersuchungen vorzunehmen. Im Nachfolgenden theile ich die von mir gewonnenen Ergebnisse mit. Die Versuche wurden angestellt mit Lösungen von Zucker, Glykogen und Farbstoffen.

I. Versuchsreihe.

(Versuche mit Zuckerlösungen.)

Versuch 1. Chemisch reiner Traubenzucker wurde in destillirtem Wasser gelöst und die filtrirte Lösung dann auf ihren Procentgehalt mit dem Soleil-Ventzke'schen-Saccharimeter geprüft; es ergab sich 5·6 Procent Zucker. Drei Portionen à 50 ^{Ccm} dieser Lösung wurden alsdann in drei gleichen Glaskolben auf die Temperaturen von 100°, 40° C. gebracht und mit je 8 ^{grm} Thierkohle[2] versetzt. Die Kolben wurden festgekorkt, in möglichst gleicher Weise mehrere Male heftig umgeschüttelt und bei den entsprechenden

[1] Paul Szag, *Ueber die Absorptionsfähigkeit der Thierkohle gegenüber organischen Stoffen.* Inaug.-Dissertation. Königsberg 1883.

[2] Die Thierkohle, reinste Fleischkohle, war bezogen von Schuchardt in Görlitz.

Temperaturen von 100°, 40° C., die durch Wasserbäder bez. Schnee constant erhalten wurden, eine Stunde lang stehen gelassen. Zum Filtriren wurden mit mehr oder minder erwärmtem Wasser oder mit schmelzendem Schnee gefüllte Plantamour'sche Trichter benutzt, durch die es ermöglicht wurde, dass die Wärmegrade der Lösungen während des Filtrirens sich nicht erheblich änderten. Nachdem die drei Filtrate die Zimmertemperatur angenommen hatten, wurden sie wieder mit dem Polarisationsapparat untersucht. Die hier angegebenen Procentverhältnisse sind Mittelwerthe aus je drei Ablesungen, die übrigens untereinander nur wenig abwichen. Ursprüngliche Concentration 5·6 Procent.

Temperatur.	Concentration nach dem Filtriren.	Differenz.	Procentuales Verhältniss der absorbirten Zuckermenge zur ursprünglichen.
0°	3·1 Procent	2·5 Procent	44·6
40°	1·95 „	3·65 „	65·1
100°	1·4 „	4·2 „	75·0

Es wurden also bei 0° die kleinsten, bei 40° mittlere, bei 100° die grössten Mengen Traubenzucker absorbirt.

Fast genau dieselben Resultate liefert folgender

Versuch 2. Ursprüngliche Concentration 5·6 Procent.

Temperatur.	Concentration nach dem Filtriren.	Differenz.	Procentuales Verhältniss der absorbirten Zuckermenge zur ursprünglichen.
0°	3·0 Procent	2·6 Procent	46·4
40°	1·9 „	3·7 „	66·0
100°	1·4 „	4·2 „	75·0

II. Versuchsreihe.

(Versuche mit Glykogen.)

Auch die Lösung von Glykogen, eines im Verhältniss zum Zucker schlecht löslichen Körpers, zeigte ähnliche Absorptionsverhältnisse.

Versuch 3. Eine Quantität gereinigtes, aus Leberdecoct hergestelltes Glykogen wurde in siedendem Wasser gelöst, filtrirt, dann die Lösungen zu drei Portionen bei 0°, 12°, 100° mit 8 grm Thierkohle versetzt, umgeschüttelt und unter Erhaltung der betreffenden Temperaturen eine Stunde stehen

gelassen. Die dann vorgenommene Filtration wurde einige Male wiederholt, weil anfangs Kohle durch den Filter mitging. Zur quantitativen Vergleichung wurde eine colorimetrische Methode angewandt, die eine für unseren Zweck genügende Genauigkeit besitzt: vier gleiche Reagensgläser wurden vor einen weissen Schirm gestellt und mit je 5 ^{Cem} einer stark verdünnten hellgelben Lösung von Jod in Jodkalium gefüllt; dann wurden von den drei obigen Filtraten je 0·5 ^{Cem} mit einer graduirten Pipette in die Reagensgläser eingetragen und mit der Jodlösung vermengt. Es erfolgte die bekannte Jod-Glykogenreaction — eine Mahagonibraunfärbung — und zwar war diese bei der 0°-Probe am intensivsten, bei der von 12° mittelstark, bei der von 100° am schwächsten. Mithin war am meisten bei 100°, weniger bei 12°, am wenigsten bei 0° absorbirt. Von einer genaueren Bestimmung, die sich vielleicht ähnlich wie bei den Farbstofflösungen [1] hätte ausführen lassen, wurde Abstand genommen.

Versuch 4 ergab dieselben Resultate.

Temperatur.	Färbung.
100°	hell
12°	etwas dunkler
0°	dunkel

III. Versuchsreihe.

(Versuche mit Farbstofflösungen.)

Es lag nahe, zu prüfen, ob die bei Traubenzucker und Glykogen gewonnenen Resultate noch Giltigkeit hätten für Lösungen von Farbstoffen, deren reichliche Absorption durch Kohle eine alte und in Wissenschaft wie Gewerbe oft angewandte Thatsache ist.

a) Carmin.

Versuch 5. Carmin in Substanz wurde in einer Reibschale fein zerrieben, mit Wasser aufgeschwemmt und durch Zusatz von etwas Ammoniakwasser gelöst. Von dieser Lösung, welche, da ein Versuch bei starker Concentration keine genügend deutliche Zurückhaltung des Farbstoffs zeigte, reichlich verdünnt werden musste, wurden zwei Portionen von 50 ^{cm} mit je 8 ^{grm} Kohle versetzt, nachdem sie auf die Temperaturen von 100° bez. 12° erwärmt waren, dann nach einstündigem Stehenlassen wie oben filtrirt.

[1] Siehe unten III. Versuchsreihe, Versuch 5, S. 278. 279.

Die Filtrate zeigten eine sehr bedeutende Farbendifferenz. Um diese genauer zu bestimmen, wurde folgende Methode angewandt. In zwei Hoppe-Seyler'sche Haematinometer, die vor einem weissen Schirme in auffallendem diffusen Tageslichte beobachtet wurden, füllte man einerseits das bei 100° bez. 12° erhaltene Filtrat, andererseits 30 cm destillirtes Wasser. In letzteres wurde aus einer Bürette, in welcher sich die ursprüngliche Versuchslösung befand, soviel zufliessen gelassen, bis eine gleiche Färbung der in beiden Haematinometern enthaltenen Flüssigkeiten erzielt war. Es ergab sich, dass dazu nöthig waren:

Bei Anwendung der bei 100° erhaltenen Lösung 4·5 Ccm } der Mutterflüssig-
„ „ „ „ 12° „ „ 6·0 „ } keit.

Die gekochte Flüssigkeit hatte also soviel Farbstoff verloren, dass eine im Verhältniss von 4·5 : 30 gemischte, also etwa 13 Procent der Mutterflüssigkeit enthaltende Farbstofflösung ihr glich, während die bei 12° aufbewahrte Lösung einer solchen mit 16 Procent Mutterflüssigkeit ähnlich war. Es wurde übrigens ein Unterschied im Farbentone beobachtet, der bei den Filtraten einen Stich in's Bläuliche hatte, was durch Verdünnung der Mutterflüssigkeit mit destillirtem Wasser nicht vollständig wiedergegeben werden konnte. Immerhin liess sich eine genügende Annäherung in den Farbentönen erzielen.

Da es denkbar war, dass aus der bei 100° filtrirten Versuchslösung ein Theil des gelösten Carmins durch die Hitze ausgefällt und so auf dem Filter zurückgehalten worden sei, wurde ein Controlversuch gemacht, welcher lehrte, dass selbst bei lebhaftem Erhitzen sich aus einer ammoniakalischen, verdünnten Carminlösung nichts niederschlägt.

b) Picrocarmin.

Picrocarmin wurde zu dem folgenden Versuche deshalb gewählt, weil gesehen werden sollte, ob bei einer Mengung aus zwei Farbstoffen, — eine solche ist das Picrocarmin, welches aus Picrinsäure und ammoniakalischem Carmin besteht — der eine oder der andere bei der Absorption bevorzugt würde.

Versuch 6. Eine ziemlich stark verdünnte, nach bekanntem Verfahren hergestellte Picrocarminlösung wurde wie früher behandelt. Zwei Proben von 50 Ccm wurden auf 100° bez. 0° gebracht, mit 8 Grm Thierkohle versetzt, eine Stunde stehen gelassen und filtrirt. Die Filtrate zeigten eine erhebliche Farbendifferenz. Eine quantitative Schätzung derselben wurde nach derselben Methode wie bei Carmin ausgeführt.

Um die Farbe des bei 100° erhaltenen Filtrats zu bekommen, mussten in 30 Ccm destillirtes Wasser von der Mutterflüssigkeit 0·2 Ccm hineinfliessen

(entsprechend 0·66 Procent), von der bei 0° erhaltenen jedoch 0·65 Cem (entsprechend 2·14 Procent). Mithin war in der Hitze über dreimal soviel von der Farbstofflösung zurückgehalten. — Es wurde übrigens bemerkt, dass die Absorption sich ganz besonders auf die Picrinsäure erstreckt hatte, denn durch Verdünnung der Mutterlösung mit Wasser war die Farbe der Probe bei 0° nicht absolut genau nachzuahmen, weil aus letzterer der gelbliche Ton völlig verschwunden war. Bei der Probe bei 100° trat der Farbenunterschied nicht so hervor, weil wegen der grösseren absorbirten Farbstoffmenge das Filtrat überhaupt nur schwach röthlich gefärbt war.

c) Indigschwefelsaures Natron.

Versuch 7. Ein Versuch mit diesem Farbstoffe (eine Portion von 50 Cem bei etwa 10—12° C., eine andere im siedenden Wasserbade mit je 10 grm Thierkohle gemengt, beide eine halbe Stunde stehen gelassen) ergab ein ganz entsprechendes Resultat. Von der heissen Lösung war Alles, von der kalten nur ein Theil, allerdings ein nicht unbedeutender absorbirt. Das Filtrat der ersten war farblos, das der letzteren deutlich, doch nicht sehr kräftig blau gefärbt.

IV. Versuchsreihe.

(Schüttelversuche.)

Die bisherigen Versuche ergaben, dass bei höherer Temperatur das Absorptionsvermögen der Thierkohle wächst. Es entstand jetzt die Frage, ob diese Steigerung eine directe Folge der Wärme sei, oder ob vielleicht in der durch das Sieden bedingten innigeren Durchmischung der betreffenden Lösung mit Kohle die Ursache dieser Erscheinung gesehen werden müsse. Zur Entscheidung wurden folgende Versuche angestellt.

Versuch 8. In derselben Weise wie oben wurden drei Portionen einer 5·8procentigen Traubenzuckerlösung mit je 8 grm Thierkohle in gleichen Kolben gemischt, einer auf 100° gebracht, der zweite nach einmaligem Umschütteln bei 12° ruhig stehen gelassen, der dritte bei 12° (Zimmertemperatur) eine Stunde lang geschüttelt, sodass hier eine wenigstens ebenso gründliche Durchmischung zu Stande kommen musste, wie beim Kochen. Das Resultat war folgendes: Ursprüngliche Concentration der Lösung 5·8 Procent.

Temperatur.		Restirender Zuckergehalt nach dem Filtriren.	Differenz.	Procentuales Verhältniss der absorbirten Zuckermenge zur absorbirten.
12°	in Ruhe	2·7 Procent	3·1 Procent	53·4
12°	geschüttelt	2·0 „	3·8 „	65·5
100°	—	1·1 „	4·7 „	81·0

Versuch 9 ebenso angestellt.
Zuckergehalt der Mutterflüssigkeit 5·7 Procent.

Temperatur.		Restirender Zuckergehalt nach dem Filtriren.	Differenz.	Procentuales Verhältniss der absorbirten Zuckermenge zur ursprünglichen.
12°	in Ruhe	2·75 Procent	3·0 Procent	52·6
12°	geschüttelt	2·0 „	3·7 „	64·9
100°	—	1·15 „	4·6 „	80·7

Man ersieht aus diesen Zahlen, dass zwar die innigere Durchmischung mit Kohle auch auf die Absorption Einfluss hat, dass jedoch immerhin die bei Siedetemperatur im Filter zurückgehaltene Zuckermenge bedeutend grösser ist. Das Ergebniss liess sich schon aus dem Grunde vermuthen, weil, wie aus Versuch 1 und 2 erhellt, die bei 40° absorbirten Quantitäten Zucker grösser waren, als die bei niedrigeren Temperaturen, obwohl hier die verhältnissmässig geringe Erwärmung die mechanische Durchmengung nur in geringem Maasse begünstigen konnte.

V. Versuchsreihe.

(Absorption bei sehr kurzdauernder Berührung mit Kohle.)

In einer weiteren Reihe von Versuchen blieben die zur Absorption bestimmten Flüssigkeiten nicht wie in den bisherigen Versuchen $^1/_2$ bis 1 Stunde lang in Berührung mit der Kohle, sondern sie wurden, nach gutem Durchschütteln mit der Kohle, sofort auf das Filter gebracht. Es fragte sich, ob der Einfluss der Temperatur sich auch hier trotz der ausserordentlich kurzen Zeit ihrer Einwirkung deutlich geltend machen würde.

Versuch 10 mit Traubenzucker.
Ursprüngliche Concentration 5·6 Procent.

Temperatur.	Restirender Zuckergehalt nach dem Filtriren.	Differenz.	Procentuales Verhältniss der absorbirten Zuckermenge zur ursprünglichen.
100°	1·95 Procent	3·65 Procent	65·1
0°	3·7 „	1·9 „	33·9

Versuch 11 mit Carmin.

Temperatur.	Filtrat.
100°	schwachröthlich
0°	stark roth, kaum verschieden von der Mutterflüssigkeit.

Noch auffallender war das Resultat bei einer etwas weniger concentrirten ammoniakalischen Carminlösung:

Versuch 12.

Temperatur.	Filtrat.
100°	farblos.
0°	stark roth.

Der Unterschied im Verhalten der heissen und der kalten Lösung ist in diesen Versuchen noch ausgesprochener, wie in den früheren. Aus der kalten wird nämlich erheblich weniger, aus der heissen dagegen fast ebensoviel absorbirt wie bei längerem Stehen. Somit bestätigen auch diese Versuche das, was wir aus der vorangegangenen Versuchsreihe schliessen mussten. Die mechanische Agitation in beiden Flüssigkeiten war hier nicht verschieden. Da dennoch ein erheblicher Unterschied in der Absorptionsgrösse vorhanden ist, so muss dieser also direct auf die Temperaturverschiedenheit zurückgeführt werden. — Bei allen diesen Versuchen wurde die Beobachtung gemacht, die übrigens auch anderen Beobachtern wahrscheinlich aufgefallen sein wird, dass eine warme Flüssigkeit weit schneller durch ein Filtrum hindurchgeht, wie eine kalte.

VI. Versuchsreihe.

(Auslaugung des Filterrückstandes nach geschehener Absorption.)

Durch eine letzte Versuchsreihe wurde schliesslich der Nachweis geführt, dass, wenn man einen Körper durch Thierkohle absorbiren lässt, derselbe von letzterer so fest zurückgehalten wird, dass er durch selbst minutenlanges intensives Kochen mit Wasser gar nicht mehr, oder nur in einer minimalen Quantität aus der Kohle ausgelaugt werden kann.

Versuch 13 mit Traubenzucker.

Eine Traubenzuckerlösung wurde mit dem Polarisationsapparat auf ihren Gehalt an Zucker untersucht; es ergab sich 4·6 Procent. 50 Cem dieser Lösung wurden auf 100° C. erhitzt, mit 10 grm Thierkohle versetzt, etwa 20 Minuten gekocht und filtrirt. Das Filtrat enthielt nur noch 2·4 Procent Zucker, folglich blieb in der Kohle über 1 grm zurück. Dieser Filterrückstand wurde nun mit 50 Ccm Wasser in einer Porzellanschale gekocht und filtrirt. In der ablaufenden Flüssigkeit konnte mit dem Soleil-Ventzke'schen Saccharimeter, das sonst 0·1 bis 0·2 Procent Zucker noch deutlich anzeigt, ein Zuckergehalt nicht mehr nachgewiesen werden, jedoch ergab die Trommer'sche Probe noch eine deutliche Reaction.

Versuch 14 mit Glykogen.

50 Ccm einer Glykogenlösung, von der 1 Ccm zu 5 Ccm einer hellen Jodlösung hinzugefügt, dieselbe stark braun färbte, werden mit 10 grm Thierkohle 15 Minuten lang gekocht und filtrirt. Das Filtrat giebt eine deutliche Jodreaction, obwohl die Färbung bei weitem nicht so intensiv ist, als bei der Mutterflüssigkeit. Das Filtrum nebst Kohle wird wie oben mit 50 Ccm Wasser stark gekocht, die Mischung filtrirt. Das Filtrat färbt die Jodlösung so wenig, dass die Probe nur bei genauestem Zusehen von der reinen Jodlösung zu unterscheiden ist.

Versuch 15 mit Indigcarmin.

Eine mittelstarke Indigcarminlösung (50 Ccm) wird mit 10 grm Thierkohle versetzt und 5 Minuten lang in der Kälte unter mehrfachem Umschütteln stehen gelassen. Als sie darauf filtrirt wird, ist das Filtrat absolut farblos. Der Filterrückstand wird dann sammt dem Filtrum mit 50 Ccm Wasser mehrere Minuten lang gekocht. Auch das jetzt durch Filtriren gewonnene Extract zeigt keine Spur von Blaufärbung.

Die oben geschilderten Versuche bestätigen die Thatsache, dass Thierkohle bei höherer Temperatur grössere Mengen organischer Körper absorbirt, als bei niedriger. Früheren Beobachtern ist dies gewiss nicht entgangen, doch gelang es mir nur eine darauf bezügliche präcise Angabe aufzufinden. Dieselbe rührt her von E. Filhol,[1] welcher darthat, dass Kohle bei höherer Temperatur aus gefärbten Flüssigkeiten (Lakmustinctur, Melasse u. s. w.) grössere Farbstoffmengen aufnimmt, als in der Kälte. So verhielt sich die Färbungsintensität in der Kälte entfärbter Lakmustinctur zu einer bei erhöhter Temperatur behandelten Farbstofflösung wie 25·0:0·89.

Was die Angabe Filhol's anbetrifft in Bezug auf die Absorptionsfähigkeit der Kohle gegenüber Rothwein, dessen Farbstoff umgekehrt in der Kälte stärker zurückgehalten werden sollte, so kann ich nach Maassgabe eines von mir angestellten Versuches das von Filhol mitgetheilte Resultat nicht bestätigen. Vielmehr war auch in diesem Versuche das bei 100° gewonnene Filtrat ungleich weniger gefärbt, als das bei 12° erhaltene.

---

[1] E. Filhol, Recherches sur le pouvoir décolorant du charbon et de plusieurs autres corps. (*Annales de Chimie*, t. XXXV.) Referat in den *Fortschritten der Physik*. 1852, Jahrg. VIII. S. 17.

Die aus meinen Versuchen hervorgehende Thatsache scheint mir von praktischem und theoretischem Interesse zu sein. Für die praktische Anwendung der Thierkohle als Entfärbungsmittel ergiebt sich die Folgerung, dass man wo immer möglich die Entfärbung in der Wärme vornehmen sollte, was empirisch wohl bereits vielfach geschehen dürfte. Was die theoretische Seite dieser Versuche anlangt, so möchte ich in eine nähere Auseinandersetzung nicht eintreten, weil ich offen bekennen muss, eine befriedigende Deutung nicht geben zu können.

Nur eins sei mir hier zu bemerken gestattet. Von vornherein hätte man erwarten dürfen, dass, wenn sich in Bezug auf die Absorptionsfähigkeit der Thierkohle bei verschiedenen Temperaturen überhaupt ein Unterschied geltend machen würde, die Absorption im Kalten stärker ausfallen würde, wie in der Wärme. Bekanntlich bezieht man die Absorptionsfähigkeit der Thierkohle auf eine Oberflächenwirkung. Absorption tritt auf, wenn die Adhäsionskraft, mit der die Molecüle des gelösten Körpers an den Kohlentheilchen festgehalten werden, grösser wird, wie die Bindungskraft des lösenden Menstruums. Nun weiss man von anderen Aeusserungen der Adhäsionskraft, dass dieselbe mit zunehmender Wärme geringer wird. Die Frage, wie es kommen mag, dass bei den hier in Rede stehenden Absorptionserscheinungen die Sache sich anders verhält, ist gewiss nicht uninteressant, dürfte zu ihrer Lösung jedoch noch weitere und eingehendere Versuche nöthig machen.

Ueber elektrische Reizung des Herzens.

Von

Prof. O. Langendorff
in Königsberg i. Pr.

Bei Gelegenheit einer Untersuchung über die Wirkung elektrischer Einzelreize auf das schlagende Froschherz sind mir einige Erscheinungen aufgefallen, die mir der Mittheilung werth erscheinen.

Aufzeichnung und Reizung geschahen nach zwei verschiedenen Methoden. In dem einen Falle wurde das ausgeschnittene Herz auf zwei breitgeschlagene stromzuführende von einander isolirte Kupferdrähte gelegt, die nebeneinander innerhalb eines kleinen Wachswalles auf eine Glasplatte gekittet waren. Auf dem Herzen lag ein leichter Fühlhebel, der seine Bewegungen auf die rotirende Trommel zeichnete. Im zweiten Falle war das Herz in der feuchten Kammer aufgehängt: zwei feine Drähte waren durch die Musculatur hindurch gesteckt; in die Spitze wurde ein Drahthäkchen geheftet, das durch einen Faden mit einem Zughebel in Verbindung stand. Die Reizung geschah mittels einzelner oder durch je zwei schnell aufeinanderfolgende Inductionsschläge. Reizmoment und Zeit wurden, wo es nöthig erschien, durch zwei Signalmagnete unter der Herzcurve verzeichnet.

Nach Marey's (1) Entdeckung sind bekanntlich schwache Reize nur während der Diastole wirksam; während der Systole ist das Herz dem Reize gegenüber refractär. Auf die durch den Reiz hervorgerufene Extracontraction folgt eine Pause, dann wieder Pulse in der gewöhnlichen Zeitfolge. Dastre (2) hat nachgewiesen, dass, während die von Marey angegebenen phasischen Erregbarkeitsveränderungen dem Herzmuskel zugeschrieben werden müssen, der Eintritt der Pausen auf die nervösen Elemente bezogen werden muss. Reizte er eine durch einen schnell unterbrochenen Strom in rhythmische Pulsation versetzte ganglienlose Herzspitze durch ab und zu eintretende

momentane Verstärkung des Stromes, so waren die übrigen Erscheinungen alle nachweisbar; nur die Pause blieb fort. Man wird sich die Frage vorlegen müssen, in welcher Weise diese Einwirkung eines kurzen Reizes auf die Herzganglien zu Stande komme. Wenn Marey die Pause eine compensatorische nennt, so ist das nicht mehr als eine Façon de parler. Ueber die Natur der Pause sagt diese Bezeichnung nichts aus.

An eine Erschöpfung der Ganglien darf man wohl nicht denken. Eine solche setzt eine vorangegangene stärkere Thätigkeit voraus. Eine solche lässt sich aber nicht nachweisen. Die Extracontraction des Herzens ist eine Folge der Muskelreizung. Die Muskelermüdung kann aber die Pause nicht herbeigeführt haben, denn diese fehlt beim ganglienlosen Muskel. Auch lässt sich zeigen, dass die Pause auch bei unwirksamer Reizung eintritt. Ich habe sie nämlich zuweilen auch dann gesehen, wenn der Reiz in die refractäre Herzphase fiel. Schon Dastre hat dieselbe Beobachtung gemacht. Beifolgende Zeichnung entstammt einem Temporarienherzen, das diese Erscheinung in ausgesprochener Weise zeigte. (Fig. 1.)

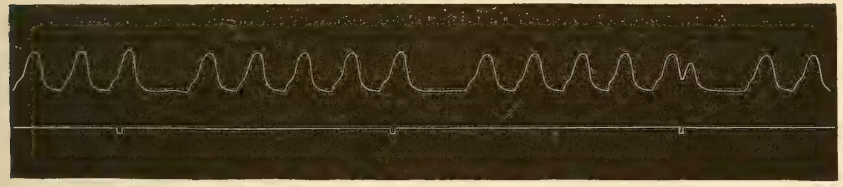


Fig. 1.

Rana temporaria. Fühlhebel. Systolische und diastolische Reizung des Herzens durch je zwei schnell aufeinanderfolgende Inductionsschläge.

Dieser Versuch beweist zugleich, dass die Auffassung der Pausen als einer compensatorischen nicht festgehalten werden kann. Von einer Störung des Herzrhythmus ist hier keine Rede; einer Compensation bedurfte es also nicht; und doch war die Pause vorhanden.

Ich suchte nun zu entscheiden, ob die Pause vielleicht durch Reizung hemmender Nervenelemente bedingt sein könnte. Bekanntlich bewirkt tetanisirende Reizung des Sinus venosus längeren Herzstillstand. Einzelreize konnten sich ihm gegenüber von entsprechender Wirksamkeit zeigen. Mitreizung desselben war auch in Marey's Versuchen nicht ausgeschlossen, da die Reize wohl stark genug waren, um Stromschleifen bis zum Sinus dringen zu lassen.

Indessen lässt sich beweisen, dass der Sinus nicht wesentlich in Betracht kommt. Die Pause ist nämlich auch am isolirten Ventrikel vorhanden. Ich trennte eine Herzkammer so vom übrigen Herzen los, dass sie nur noch mit den Aorten in Verbindung blieb, die als Hand-

habe dienten. Pulsirte das Praeparat nicht freiwillig, so ward es durch leichten Druck auf die Atriengrenze in lebhafte und langdauernde Pulsationen versetzt. Wurden jetzt intercurrente Reize hindurchgeschickt, so verhielt sich der isolirte Ventrikel genau so wie ein ganzes unversehrtes Herz. Da nun an der ganglienlosen Spitze die Pause fehlt, so ist zu schliessen, dass die Bidder'schen Ganglien oder deren nächste Umgebung Elemente enthalten müssen, deren Reizung die Herzbewegung zu hemmen vermag.

Man konnte hierbei immer noch an die specifischen Hemmungsapparate des Herzens denken, etwa an Vagusfasern, die sich zu den Kammerganglien begeben. Wenn solche im Spiele waren, konnte man hoffen, sie durch Atropinvergiftung auszuschliessen. Ich habe jedoch auch am atropinisirten Herzen die Pause nicht ausbleiben sehen.

Entweder müssen wir also zugeben, dass Hemmungsvorrichtungen im Herzen existiren, die durch Atropin nicht gelähmt werden — und ich kenne Thatsachen, die mit dieser Annahme wohl in Einklang zu setzen wären —, oder wir werden zu der Folgerung gedrängt, dass die die motorischen Impulse aussendenden Ganglienzellen durch Reize nicht nur angeregt, sondern auch ausser Action gesetzt werden können — eine Annahme, die ich bereits in einer früheren Mittheilung (3) gelegentlich der Besprechung des Stannius'schen Versuchs zu vertheidigen unternommen habe. Eine andere Deutung halte ich für ausgeschlossen. Zwischen den beiden vorliegenden indess sicher zu entscheiden, sehe ich vorläufig kein Mittel. —

Während der Herzpause hat der Muskel Zeit, sich nicht nur von der ihm abgezwungenenen besonderen Zusammenziehung zu erholen, sondern sogar einen Erregbarkeitszustand zu erreichen, der den früheren übertrifft.

Wenigstens könnte man so die Erfahrung deuten, dass der der Pause folgende Herzpuls in sehr vielen Fällen stärker ist, wie die der Reizung vorangehenden. An den von Marey sowie den von Dastre mitgetheilten Curven kann ich nirgend eine Andeutung dieses Verhaltens finden. Mir ist es indess so häufig begegnet, dass ich es fast für die Regel erklären möchte. Meine Aufschreibungsmethode kann nicht verdächtigt werden, denn ich sah die Erscheinung bei beiden von mir verwendeten Aufzeichnungsweisen.

Fig. 2 giebt einige Beispiele von dieser Pulsverstärkung. Man ersieht aus dieser Figur zugleich, dass der dem verstärkten Pulse folgende Puls abnorm geschwächt ist. Erst hinter ihm stellt sich die Pulshöhe wieder her, die vor der Reizung vorhanden war. In allen Fällen ist diese Schwächung nicht vorhanden. Die Pulsverstärkung ist nicht immer erheblich; oft wird sie nur mit Mühe erkannt. —

Ausser der oben erwähnten Erklärung, derzufolge der Muskel während der eingetretenen Ganglienruhe Zeit hat, sich vorübergehend auf ein höheres Erregbarkeitsniveau zu erheben, wäre noch eine andere möglich, die an die Existenz pulsverstärkender Vagusfasern anzuknüpfen hätte. Die Zunahme

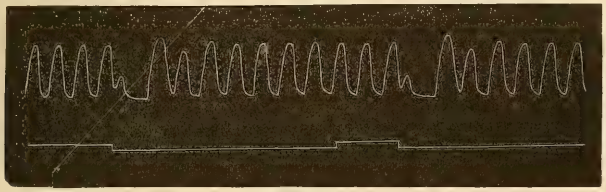


Fig. 2.

Rana esculenta. Fühlhebel. Reizung des Herzens durch einzelne Schliessungs- oder Oeffnungsinductionsschläge.

der Pulshöhe wäre dann ähnlich zu deuten, wie in den bekannten Versuchen Heidenhain's (4) die „positive Nachwirkung der Vagusreizung", nämlich durch eine Mitreizung von Verstärkungsfasern, deren Einfluss erst nach em Aufhören der Hemmungswirkung zur Geltung käme. Für die grössere Wahrscheinlichkeit dieser Erklärung scheint zu sprechen, dass in meinen Versuchen nach langen Pausen oft nur verschwindend kleine, nach sehr kurzen Stillständen dagegen verhältnissmässig bedeutende Pulsverstärkungen auftraten.

Litteratur.

1. Marey, Des excitations électriques du coeur. *Travaux du Laboratoire etc.* 1876. p. 63.

2. Dastre, Recherches sur les lois de l'activité du coeur. *Journal de l'Anatomie et de la Physiologie.* 1882; — *Jahresbericht* von Virchow und Hirsch. 1882. S. 223.

3. O. Langendorff, *dies Archiv.* 1884. Suppl.-Bd.

4. Heidenhain, Untersuchungen über den Einfluss des N. vagus auf die Herzthätigkeit. Pflüger's *Archiv* u. s. w. 1882. Bd. XXVII. S. 383.

Ueber die Irritabilität des Rückenmarkes.

Von

Maurice Mendelssohn.

Unter obiger Ueberschrift hat Hr. J. Gad in diesem Archiv 1883 S. 438 ein Schreiben an den Herausgeber veröffenlicht, in welchem er von mir Aufklärung verlangt über einige Punkte, welche ihm betreffs der Genauigkeit meiner auch in diesem Archiv[1] veröffentlichten Versuche Zweifel einflössen. Die Antwort auf diesen Brief soll den Inhalt der vorliegenden Notiz bilden.[2]

Da ich weder an der Art der Anstellung meiner Versuche, noch an den aus denselben gezogenen Schlussfolgerungen irgend etwas zu ändern finde, so beabsichtige ich nur Hrn. Gad zu zeigen, dass seine gegen mich erhobenen Vorwürfe meinen Behauptungen durchaus nicht entsprechen, was aus einer Nebeneinanderstellung meiner Worte mit denen des Hrn. Gad am besten hervorgehen dürfte. Hr. Gad sagt S. 439: „In der ganzen Darstellung der besprochenen Versuche ist nichts erhalten, wodurch man den von gewisser Seite bestimmt zu erwartenden Einwand entkräften könnte,

[1] M. Mendelssohn, Beitrag zur Frage nach der directen Erregbarkeit der Vorderstränge des Rückenmarks. *Dies Archiv.* 1883. S. 281. — Ich erlaube mir bei dieser Gelegenheit zwei dort stehen gebliebene Druckfehler zu berichtigen: S. 281, Z. 4 von unten „Engelmann“ statt „Engelken“; S. 282, Z. 2 von unten „respiratorischen“ statt „betreffenden“.

[2] Diese Antwort kommt allerdings etwas verspätet, da ich gestehen muss, dass mir das Schreiben des Hrn. Gad erst November 1884 zur Kenntniss gekommen ist. Anderweitig beschäftigt, war ich verhindert sogleich zu antworten. Ich bedaure, dass Hr. Gad trotz seines grossen Interesses für die Frage mir nicht einen Separat-Abdruck seines Schreibens zukommen liess, wonach er vielleicht sich verhindert gesehen haben würde, in seiner späteren Arbeit *(Ueber Centren und Leitungsbahnen im Rückenmark des Frosches.* Würzburg 1884) meine Untersuchungen als von ihm vollständig widerlegt anzugeben.

es habe überall nichts anderes vorgelegen, als der Erfolg der Einwirkung mehr oder weniger dichter Stromschleifen auf die motorischen Wurzeln.“ Diese Behauptung dürfte den Leser in Verwunderung setzen, wenn er in meiner Arbeit S. 285 folgende Stelle findet:

„Zur Prüfung auf Stromschleifen diente das Telephon, da neuere Untersuchungen gezeigt haben, dass es vor dem Nerv-Muskelpraeparat zum Nachweis schwacher Stromschwankungen den Vorzug verdient. Auf die Einzelheiten der übrigens sehr einfachen Versuchsanordnung will ich nicht eingehen, sondern nur hervorheben, dass ich mich in allen Experimenten vergewissert habe, dass Stromstärken, welche ausreichen, um Bewegungen von den Vordersträngen aus hervorzurufen, keine Stromschleifen in den vorderen Wurzeln des Plexus ischiadicus geben. Der Versuch wurde erst dann begonnen, wenn ich mich überzeugt hatte, dass diese Stromintensität das an die Wurzeln gelegte Telephon nicht in Schwingungen versetzte, woraus hervorgeht, dass in dem gegebenen Falle es sich um so weniger um Stromschleifen handeln kann, als ich in einer Reihe von Vorversuchen constatirt hatte, dass im Telephon selbst sehr schwache Ströme schon nachweisbar sind, wenn dasselbe an die vorderen Wurzeln angelegt wird, während bei Anlegung an die vordere Hälfte des Rückenmarkes stärkere Ströme dazu nöthig sind. Dieselbe Stromstärke, welche bei den Vordersträngen keine Schwingungen des Telephons ergiebt, erzeugt sehr starke Schwingungen, wenn sie auf die vorderen Wurzeln gerichtet ist. Die Abwesenheit von Stromschleifen, welche vor dem Versuche festgestellt war, wurde auch während des Experiments mehrfach geprüft, wobei das Telephon stets an derselben Stelle blieb. Später habe ich indessen diese Probe unterlassen, nachdem ich mich mehrfach überzeugt hatte, dass die Stromintensität, welche gerade ausreicht, um eine Bewegung von den Vordersträngen aus zu erzeugen, niemals Stromschleifen in den vorderen Wurzeln giebt.“

Diese mit dem schon von Hrn. d'Arsonval in seinen Untersuchungen[1] angewandten Telephon angestellten Versuche zeigen zur Genüge, dass ich zur Vermeidung von Stromschleifen vollkommen hinreichende Vorsicht gebraucht habe. Für Hrn. Gad ist dies aber nicht genügend, ja er versagt sein Zutrauen nicht nur mir, sondern auch der Leitung (Marey und I. Rosenthal), unter welcher er die Arbeit gemacht glaubt, indem er (S. 439) schreibt: „Das Vertrauen in die kritische Strenge dieser Leitung kann aber nicht gross sein, wenn man bedenkt, dass der Autor nicht angehalten worden ist, dem fundamentalen Unterschied der Zeitmessung bei Einzelreizen und bei Reizfolgen mehr Rechnung zu tragen.“

[1] d'Arsonval, Téléphone employé comme galvanoscope. *Comptes rendus etc.* 1. Avril 1878.

Doch täuscht sich Hr. Gad in dem Glauben, dass dieser „fundamentale Unterschied" von mir nicht berücksichtigt sei, wenn ich denselben in meiner Arbeit auch nicht ausdrücklich erwähne, ich habe mich vielmehr von der Bedeutungslosigkeit desselben für meine Versuche überzeugt. In der That, ich habe niemals bei Reizung des vorderen (ventralen) Theiles des Rückenmarkes mit einer minimalen, d. h. für die Auslösung einer Muskelzuckung eben ausreichenden Reizstärke Stromschleifen in den vorderen Wurzeln beobachtet, gleichgültig, ob die Reizung mit einem Einzelreize oder mit einer Reizfolge stattgefunden hat; nur muss der Reiz in einer genügend grossen Entfernung vom Ursprunge des Plexus lumbalis angebracht werden, wie dies auch in meinen Versuchen geschehen ist, wo die Reizung bei grossen Fröschen gleich unterhalb des Abganges des Plexus brachialis stattfand. Der Unterschied zwischen der Reactionszeit der Vorderstränge und der der Hinterstränge zeigte sich immer ebenso deutlich bei Anwendung von minimalen Einzelreizen, als auch von einer zur Erregung eben hinreichenden Reizfolge; deshalb sah ich mich nicht veranlasst, besonders hervorzuheben, ob die Curvenpaare auf die eine oder andere Art gewonnen worden waren. Uebrigens kann man sich über diese Verhältnisse in meiner oben citirten Arbeit orientiren, indem dort die in Fig. 1 dargestellten Curven durch einen Oeffnungsinductionschlag, dagegen in Fig. 2 und 3 mit einer kurzen Reihe schnell aufeinander folgender Reize hergestellt worden sind, wie auch schon aus S. 283 und 287 hervorgeht. Der Unterschied zwischen der Reactionszeit der Vorderhälfte und der der Hinterhälfte des Rückenmarkes ist ebenso deutlich in Fig. 1, als in Fig. 2 und 3, obgleich die in den beiden letzten Figuren vorgeführten Curven mit du Bois-Reymond's Federmyographion aufgezeichnet wurden, welches bekanntlich eine sehr viel grössere Geschwindigkeit der Zeichenplatte darbietet, als der durch die schnellste Axe des Foucault'schen Uhrwerkes in Bewegung gesetzte Cylinder, auf welchem die in Fig. 1 dargestellten Curven gewonnen wurden. Bei einer aufmerksamen Betrachtung und Vergleichung meiner Curven mit den von Hrn. Gad später in seiner Arbeit „Ueber Centren und Leitungsbahnen im Rückenmark u. s. w." vorgeführten, findet man sogar eine gewisse Aehnlichkeit zwischen beiden, und ich wüsste nun wirklich nicht, worin die Curven des Hrn. Gad ein grösseres Zutrauen verdienen sollten, als die meinigen, welche mit ebenso exacten Methoden früher gewonnen und im Original (Fig. 1) oder in photographischen Aufnahmen (Fig. 2 und 3) nebst der Arbeit dem Herausgeber dieses Archivs überreicht wurden.

Ich bin weit entfernt davon, zu behaupten, dass die oben geschilderten Ergebnisse in jedem einzelnen Falle leicht zu erlangen wären. Hr. Gad kennt ebenso gut die Hindernisse gegen welche man bei Reizversuchen

des Rückenmarkes anzukämpfen hat, und weiss, welchen Ueberraschungen bei dieser Art Versuchen man sich oft gegenübersieht und wie sie auch in seiner Arbeit mehrfach erwähnt sind. Aber ich beharre dabei, dass in jedem gut gelungenen Versuche, d. h. wo bei möglichster Vermeidung jeder Beschädigung des Rückenmarkes das Versuchsthier die eingreifende Operation gut überstanden hat, was grossen individuellen Verschiedenheiten unterliegt, kurz, wo der Erschöpfungszustand des Rückenmarkes nicht zu erheblich ist, dass in jedem solchen Falle bei minimaler Reizung mit Ausschluss von Stromschleifen die von mir gefundene Thatsache zu Recht besteht, dass die Reactionszeit der Vorderstränge eine kürzere ist, als die der Hinterstränge. Meine Versuche bieten keinerlei Widersprüche zu diesem Satze dar und für misslungen hielt ich einen Versuch nur dann, wenn operative Eingriffe eine solche Erschöpfung des Rückenmarkes hervorgerufen hatten, dass die einzelnen Abschnitte desselben nicht mehr auf minimale Reize oder sogar gar nicht mehr auf Reize reagirten. Bei untermaximalen Reizen, die noch keine wahrnehmbaren Stromschleifen in die Wurzeln abgeben, kann in manchen Fällen der von mir behauptete Unterschied in der Dauer beider Reactionszeiten ebenfalls nur sehr klein oder sogar für unsere Mittel unerkennbar werden. Das rührt davon her, dass die Querleitung des Rückenmarkes, die, wie ich meine, dieses Unterschiedsverhältniss bedingt, unter dem Einfluss der Verstärkung der Reizintensität nach Rosenthal[1] unmerklich werden kann. Dieser Unterschied zwischen beiden Reactionszeiten wird undeutlich auch bei mehrmals wiederholten Reizversuchen (ich habe nur 1—3 Reizversuche bei einem Frosche gemacht), auch dann, wenn bis zur Bestimmung der minimalen Reizstärke die Reizung öfters wiederholt werden muss. Sehr oft aber gelingt es, dieselbe bei gewisser Uebung bei Fröschen von gewisser Grösse und in derselben Jahreszeit sehr schnell zu treffen. Bei Verhütung aller dieser erwähnten Hindernisse (und bei Säugethieren ungleich schwerer als bei Fröschen) beobachtet man stets, dass bei Anwendung derselben Reizintensität auf dieselbe Höhe des Rückenmarkes die Reaction der Vorderstränge früher eintritt, als die der Hinterstränge.

Ich weiss allerdings nicht, inwieweit diese Thatsache Bezug auf die Versuche von Hrn. Gad hat, der einen „erheblichen constanten Unterschied in der Reactionszeit bei Reizung des freipraeparirten, aber unzerlegten Rückenmarkes vom Frosch und bei Reizung des Lumbar-Plexus“ constatirt hat; „es war aber dabei ohne Belang, ob die Elektroden an die Vorderstränge oder an die Hinterstränge angelegt wurden.“ Es wäre wünschenswerth, dass Hr. Gad, um uns davon zu überzeugen, in seiner Arbeit

[1] *Monatsberichte der Akademie der Wissenschaften zu Berlin.* 1873. S. 104.

„Ueber Centren und Leitungsbahnen u. s. w.“ ebenfalls zwei Paare von Curven gegeben hätte, von denen eines bei Reizung der Hinterstränge und das zweite bei Reizung der Vorderstränge gewonnen wurde. Zeigen doch nicht alle von Hrn. Gad gewonnenen Curven mit gleicher Evidenz den von ihm behaupteten und von mir keineswegs bezweifelten Unterschied; es ist z. B. schwer, diesen Unterschied in Fig. 1 bei Vergleichung der Curve 1 mit 4 und 5 zu erkennen. Ich wiederhole aber, dass ich für jetzt noch nicht die Bedeutung meiner Untersuchungen für die seinigen vollkommen besprochen haben will, vielmehr werde ich hierauf in einer demnächst in französischer Sprache erscheinenden Arbeit: „Ueber die directe Erregbarkeit des Rückenmarks“ näher eingehen. Ich erlaube mir auch Hrn. Gad auf diese Arbeit zu verweisen, wo er eine hinreichende Anzahl der von ihm gewünschten Curven finden wird, mit welchen ich in Hinsicht auf meine ausführlichere Veröffentlichung meine in diesem Archiv 1883 erschienene Notiz bei ihrer Kürze nicht überladen zu sollen glaubte.

Die von Hrn. Gad von mir erbetene Auskunft über die Summation untermaximaler Reize kann ich vorerst leider noch nicht geben, da ich mich mit dieser Frage verhältnissmässig nur wenig beschäftigt habe; eine kleine Anzahl von Versuchen zeigte mir jedoch, dass 6—12 unterminimale Reize für das Rückenmark genügen, um einen äusserlich wahrnehmbaren Effect auszulösen — ein Resultat, welches ich bei meinen Reizversuchen am Rückenmark noch nicht verwendet habe. Wenn Dieser oder Jener aber auch meine Versuche mit Reizfolgen nicht als einwandsfrei gelten zu lassen geneigt sein sollte, so genügt doch zweifellos die Zahl von 46 mit Einzelreizen (einzelnen Inductionsöffnungsschlägen) angestellten Versuchen, um die von mir gefundene und mitgetheilte Thatsache als völlig gesichert erscheinen zu lassen.

Was die Art der Reizung in meinen Versuchen anbelangt, so habe ich mich darüber noch mit Hrn. Gad zu verständigen. Er wirft mir in allgemeinen Worten vor, mich vorzugsweise mit Reizfolgen und zu wenig mit „Einzelreizen“ oder „Momentanreizen“ oder selbst „einzelnen Momentreizen“ beschäftigt zu haben. Dergleichen Ausdrücke findet man nicht allein in diesem Schreiben an den Herausgeber, sondern auch in Hrn. Gad's Arbeit: „Ueber Centren und Leitungsbahnen u. s. w.“, und man versteht nicht recht, ob Hr. Gad Einzelreize und Momentanreize als zwei verschiedene oder als zwei gleiche Begriffe auffasst, in welchem letzteren Falle „einzelne Momentanreize“ ein Pleonasmus darstellen würden.

Ich würde mir einen „Einzelreiz“ auf elektrischem Wege gegeben denken: 1) durch eine einmalige positive oder negative Schwankung, Schliessung oder Oeffnung eines constanten Stromes, 2) durch einen ein-

zelnen Inductionsöffnungs- oder Schliessungsschlag, 3) durch einmalige Entladung eines Condensators.

Unter einem „Momentanreize“ kann aber doch wohl nichts anderes zu verstehen sein, als ein Reiz von sehr kurzer Dauer; von wie kurzer Dauer ist dabei aber noch nicht ausgesprochen; „Momentanreiz“ ist ein durchaus relativer Begriff. Erst wenn wir den Momentanreiz definirt haben als einen „Reiz“, dessen Dauer gegen die Zeit verschwindet, auf deren Beobachtung es uns ankommt, haben wir uns, wie mir scheint, hinreichend exact ausgedrückt. Am ehesten wird diese Definition vielleicht für Inductionsöffnungsschläge zutreffen und daher habe ich gerade diese gewählt. Im Uebrigen ist der Ausdruck „Momentanreiz“ beim heutigen Stande der Wissenschaft trotz alledem ein ganz unbestimmter, weil es ganz und gar von physikalisch-physiologisch unbestimmbaren Verhältnissen abhängt, welche Gestalt und welchen Abfall die auf die Zeit als Abscissenaxe bezogene Curve der Reizintensität im nervösen Gebilde hat, und weil wir nicht anzugeben im Stande sind, innerhalb welcher Zeitgrenzen, vom Anfang des Reizes an gerechnet, der Reiz des Nerven auf den Muskel als verschwunden angesehen werden darf.

Gerade deshalb schien es mir wichtig, das Bestehen jenes Zeitunterschiedes im Reizerfolge am Rückenmarke nicht nur, wie ich es gethan habe, für Einzelreize festzustellen. Da die letzteren ja doch nicht im strengen Sinne und unbedingt als Momentanreize im oben definirten Sinne aufgefasst werden dürfen, so schien es von Werth, auch für eine über eine bestimmte kurze Zeit ausgedehnte Reizfolge immer gleich stark, oder vielmehr immer gleich schwach, und zwar möglichst schwach gewählte Ströme denselben Unterschied im Erfolge nachzuweisen. Nachdem ich für minimale Reizfolge, d. h. für eine bestimmte kurze Reihe minimaler Reize stets dasselbe Resultat wie für Einzelreize erhalten hatte, habe ich gerade die letzteren Versuche auch für meine fernere Bearbeitung vorziehen zu müssen geglaubt, da hier die Einzelreize sehr viel schwächer gewählt werden können.

Es bleibt noch zu bemerken, dass der von mir gefundene Unterschied zwischen den Reactionszeiten der Vorder- und der Hinterstränge auch als eine einfache logische Folgerung aus den schon an und für sich durchaus beweiskräftigen Versuchen Hrn. Fick's[1] folgt, Versuchen, welche Hr. Gad ja im Allgemeinen hat bestätigen können. In der That entfliesst schon aus den Fick'schen Experimenten die unbestreitbare Thatsache, dass die durch elektrische Erregung der Vorderstränge hervorgerufene Bewegung

[1] *Dies Archiv.* 1867. S. 198; — auch in Pflüger's *Archiv* u. s. w. Bd. II. S. 414.

keine durch Stromschleifen auf die Hinterstränge erzeugte Reflexbewegung, vielmehr eine directe Wirkung der Erregung der Vorderstränge ist. Im Uebrigen ist klar einleuchtend, dass die Reactionszeit für eine solche directe Bewegung nothwendig kürzer sein muss, als für eine reflectorische, und dass der Unterschied zwischen den beiden hier in Rede stehenden Bewegungen offenbar mindestens gleich ist der Dauer der „Querleitung" im Rückenmarke, welche stattfinden muss, damit die Erregung von den Hintersträngen auf die vorderen Wurzeln übergreife, während andererseits bei unmittelbarer Reizung der nach Fick's und meinen Versuchen erregbaren Vorderstränge die Erregung durch den Strang geraden Weges zu den vorderen Wurzeln gelangt. Denn anders, scheint mir, kann man nicht wohl den Vorgang sich vorstellen, und wenn Hr. Gad, der offenbar kein Anhänger der Van-Deen'schen Theorie ist — das geht ja daraus hervor, dass er in seinen Versuchen die Absicht hatte, das Rückenmark zu reizen — dabei gleichfalls die Gültigkeit der Fick'schen Resultate zugiebt, ohne jedoch zugleich die einfachen und logischen Folgerungen anzuerkennen, welche aus diesen Versuchen nothwendig hervorgehen, so befindet er sich, was diesen Punkt betrifft, in offenbarem Widerspruch mit sich selber.

Die von mir gefundene Thatsache findet als Ausfluss der schönen Untersuchungen Fick's in denselben ihre naturgemässe Unterstützung und ich glaube mit Hinblick auf meine zahlreichen und auch mit denkbarster Sorgfalt ausgeführten Versuche sagen zu dürfen, dass im Gegensatze zu der Meinung von Hrn. Gad eine objective Kritik in den Stand „gesetzt werden kann, meine Schlussfolgerungen anzuerkennen und zu vertreten". Im Uebrigen kann ja jeder Sachverständige von der Genauigkeit meiner Angaben sich überzeugen, indem er ohne vorgefasste Meinung, natürlich aber auch mit den nöthigen Vorsichtsregeln gegen Versuchsfehler zu deren Wiederholung schreitet, welche, wie es in dieser Art von Untersuchungen selbstverständlich ist, eine genügende Anzahl von Beobachtungen zu umfassen hat, wie auch Hr. Gad wegen der vielfachen auf diesem Gebiete möglichen, unerwarteten Vortäuschungen sehr richtig betont. So sagt Hr. Gad in Bezug auf seine Untersuchungen (Ueber Centren und Leitungsbahnen u. s. w. S. 13): „dass es wenige so geschickte und umsichtige Experimentatoren geben wird, denen bei häufiger Wiederholung der beschriebenen Versuche nicht Resultate begegnen sollten, welche den Mangel jeder Verzögerung im Rückenmark vortäuschten". Ich bin in diesem Punkte durchaus der nämlichen Meinung; hätte aber gewünscht, dass Hr. Gad dieses Zugeständniss nicht allein auf seine eigenen Erfahrungen, die ihn zu so kühnen Hypothesen in seinen Untersuchungen über Centren und Leitungsbahnen im Rückenmarke verleiteten, sondern überhaupt auf alle Reiz-

versuche am Rückenmark, also auch auf die meinigen bezogen hätte. Dieser richtige Ausspruch Hrn. Gad's bezieht sich doch nicht allein auf denjenigen Untersucher, welcher beabsichtigt, eine Thatsache zu begründen, sondern ebenso auch auf denjenigen, welcher gegen das Bestehen einer solchen Zweifel zu erheben sucht; der letztere hat bei dieser Art von Untersuchungen nur zu häufig denselben schwierigen Weg zu durchlaufen, welcher auch den ersteren zur Feststellung der Thatsache geführt hat.

Berlin, Februar 1885.

Ueber das Zusammenwachsen der Nerven verschiedener Bestimmungen und verschiedener Functionen.

Von

Dr. med. A. L. Rawa.

(Aus dem physiologischen Laboratorium des Hrn. Prof. W. B. Tomsa der St. Woldemar-Universität zu Kiew.)

(Hierzu Taf. III.)

Ich halte für Nerven verschiedener Bestimmungen solche Nervenstämme, deren Fasern ihren physiologischen Functionen nach gleiche, dagegen ihrer Bestimmung nach verschiedene periphere Organe innerviren; z. B. zwei Muskelnerven, von denen der eine einer Flexoren-, der andere einer Extensorengruppe angehört. Die Function solcher Nerven ist gleich, ihre Bestimmung aber verschieden. Dagegen sind Nerven verschiedener Function diejenigen, welche Nervencentren mit solchen peripheren Organen verbinden, die in functioneller Hinsicht untereinander ganz verschieden sind; z. B. Nerven der Empfindungsorgane oder diejenigen, welche den Lebens- und Vegetationsprocessen vorstehen.

Eine solche Classification der peripheren Nerven nach ihrer Bestimmung und nach der Verschiedenheit ihrer Function — führt auf den Gedanken, das Zusammenwachsen verschiedener Nerven untereinander und die daraus erwachsenden Erscheinungen physiologisch zu prüfen. Dieses wurde auch von mir durchgeführt und ich habe zur besseren Uebersicht meine Arbeit in zwei Abtheilungen getheilt, von denen die erste die Untersuchungen aller bei Zusammenwachsen der Nerven von verschiedener Bestimmung vorkommenden Erscheinungen enthält, die zweite dagegen — die Erscheinungen, welche bei Zusammenwachsen von Nerven verschiedener Function auftreten.

Was die Litteratur dieser Frage anbetrifft, so glaube ich mich auf meine frühere Arbeit „Ueber die Nervennaht“ beziehen zu dürfen, in welcher alle einigermaassen wichtigen Untersuchungen über diesen Gegenstand angeführt sind.[1] Hier beschränke ich mich nur auf eine Andeutung, dass alle bisherigen in dieser Richtung geführten physiologischen Arbeiten nur den Beweis dafür zu liefern bezweckten, dass die Nerven fähig sind, die Erregung nach beiden Richtungen zu leiten; um dies zu erlangen, liess man einen Bewegungsnerv mit einem sensiblen zusammenwachsen. Die Aufgaben der jetzigen Arbeit sind etwas Anderes und im Laufe der folgenden Erörterung werde ich sie zu erklären suchen. Ausserdem halte ich es für überflüssig, die Beschreibung der Nervennahttechnik, der Manipulationen und der bei Ausübung der Experimente nothwendigen Vorsichtsmaassregeln zu wiederholen, da in der genannten Arbeit dies alles mit genügender Ausführlichkeit erörtert worden ist.

A. Zusammenwachsen von Nerven verschiedener Bestimmung.

Diesen Operationen wurden hauptsächlich junge Thiere unterworfen, nämlich: zwölf Kaninchen, sechs Katzen, zwei Hunde und zwei Schweine. Die Versuche wurden gewöhnlich so geführt, dass das operirte Thier, einige Zeit später, nach Verwachsung der Wunde und vollkommener Genesung, sowohl dem physiologischen Experiment, wie auch einer anatomischen Untersuchung unterworfen worden ist. Zur Durchschneidung wurden der N. peroneus und N. tibialis posterior benutzt, welche bei drei Kaninchen und drei Katzen über Kreuz mit einander vereinigt wurden, d. h. der centrale Stumpf des einen wurde mit dem peripheren des anderen verbunden und umgekehrt. Nach derartigen Operationen bekamen die Thiere sehr bald ihre normalen Bewegungen wieder, so dass nach Verlauf von einigen Tagen die operirte Extremität nur mit Mühe von der gesunden zu unterscheiden war. Die Versuche ergaben sehr ungenaue und unklare Resultate. Solche Kreuzverwachsungen der Nerven bilden einen gemeinschaftlichen Knoten (Schwiele), welcher alle vier Nervenstümpfe enthält; deshalb ruft eine höher (centraler) erzeugte Reizung nicht ganz klare Effecte hervor, so dass man voraussetzen kann, dass die entsprechenden Nerven mit einander wieder verwachsen sind und die Reizung auf altem Wege statt hat. Um das zu vermeiden, verband ich nach dem Rathe des Hrn. Prof. Tomsa nur den centralen Abschnitt des einen mit dem peripheren des anderen Nerven, indem

[1] *Universitäts-Anzeiger.* Kiew, December 1883.

ich aus den beiden anderen Stümpfen bedeutende Schnitte ausschnitt. Um Zerrung zu vermeiden und auf diese Weise bestimmtere Resultate zu bekommen, wurde die Durchschneidung so vollführt, dass die zum Zusammenwachsen bestimmten Stümpfe möglichst lang genommen wurden.

Zur grösseren Klarheit halte ich es für nöthig, hier nur Auszüge aus den Operationsprotocollen der Versuche anzuführen um so viel als möglich überflüssige Details zu vermeiden.

1) Kaninchen. Fünf Monate alten Kaninchen, Nr. 1, 2, 3 und 4, wurde an der linken Hinterextremität der centrale Abschnitt des N. tibialis post. mit dem peripheren des Peroneus verbunden; zu diesem Zwecke wurde der Schnitt auf der hinteren Schenkelfläche zwischen dem Mm. biceps femoris und semitendinosus ausgeführt, die äussere Wunde mit Catgut vernäht und das Thier freigelassen.

Die ersten Tage nach der Operation nahm die kranke Extremität keinen Antheil an den activen Bewegungen des Thieres: sie hing schlaff herunter und schien gänzlich gelähmt. Aber schon am 15. bis 20. Tage konnte man an der kranken Extremität dann und wann Zuckungen bemerken, die anfänglich zwar sehr unbestimmt waren, aber allmählich immer bedeutenderen Verkürzungen Platz machten, und nach 6 bis 8 Wochen konnte man in diesen Verkürzungen eine deutlich ausgedrückte Extension beobachten; jedoch von einer activen Flexion war noch nichts zu erkennen. Zu gleicher Zeit nahm das kranke Bein öfters eine ausgestreckte Lage an, hauptsächlich, wenn das Thier erschrak.

Sechs Monate später wurde an den Kaninchen Nr. 1 und 2 dieselbe Operation an der rechten Hinterextremität gemacht. Nach dieser zweiten Beschädigung verhielten sich die Kaninchen ebenso, wie nach der ersten Operation, nur mit dem Unterschied, dass die activen Bewegungen der zuletzt operirten Extremität weit später eintraten, als nach der ersten. Nach Verlauf von 14 bis 16 Monaten gewöhnen sich die beiderseits operirten Thiere schon bemerkbar an die Fehler ihrer Bewegungen, scheinen aber sich accommodiren zu wollen, um möglichst die Defecte ihrer Extremitäten auszugleichen.

Jedoch bei den freien Bewegungen eines solchen Kaninchens lässt sich eine auffallend vorherrschende Extension in den Hinterextremitäten bemerken, und beim Sitzen sind beide Sohlen bedeutend auseinander. Hebt man das Kaninchen an den Ohren auf, so strecken sich die Zehen der operirten Extremität nicht auseinander. Ausser diesen Erscheinungen, welche zur Sphaere der willkürlichen Bewegungen des Thieres gehören, lässt sich noch eine sehr interessante Thatsache beobachten. In den Weichtheilen, wo sich die Endzweige des unvernäht gelassenen Nerven verbreiten, tritt

Decubitus auf. Bei allen diesen vier Kaninchen (Nr. 1, 2, 3 und 4) liess sich schon im 7. bis 8. Monate nach der Operation an der Ferse und unteren Seite der Zehen Decubitus der Haut und der Weichtheile constatiren, welcher zwar langsam aber beständig wuchs und bald auch die vordere Fläche der Zehen einnahm, so dass deren Knochenphalangen ganz bloss lagen und auch der Nekrose verfielen. Dieser Decubitusprocess äusserte sich jedoch und verfloss auch in allen vier Fällen verschieden. So z. B. bei den Kaninchen Nr. 1 und 2, bei denen mit dem N. tibialis post. zu gleicher Zeit auch der N. suralis an beiden Extremitäten durchschnitten und deshalb unverwachsen war, erschien die Nekrosis zuerst an der Ferse, hingegen bei den Kaninchen Nr. 3 und 4, wo der N. suralis unverletzt gelassen war, widersetzten sich die Haut und die Weichtheile der Hacke noch lange der Nekrose, während die Zehen schon längst abgestorben waren.

Die Kaninchen Nr. 5, 6, 7, 8 und 9 wurden an der linken Hinterextremität so operirt, dass der centrale Abschnitt des N. peroneus mit dem peripheren des N. tibialis post. verbunden wurde. Sechs Monate später wurden zwei von ihnen, Nr. 5 und 6, einer gleichen Operation an der rechten Hinterextremität unterworfen.

Die Aenderungen in den Extremitätsbewegungen der Kaninchen Nr. 5, 6 und 7 zeichneten sich dadurch aus, dass ihre activen anfänglich krampfhaften Bewegungen nach und nach in deutlich ausgedrückte Flexorverkürzungen übergingen. Bei langsamen Bewegungen oder beim Sitzen stützte sich das Thier meistentheils auf die hintere Fläche der Zehen, während der innere Rand der Sohle mehr nach innen gekehrt war. Die Kaninchen Nr. 5 und 6 äusserten in den Bewegungen ihrer beiden Hinterextremitäten schon im 12. bis 14. Monate nach der zweiten Operation ein Praedominiren der Flexion, und beim Aufheben an den Ohren streckten sich die Zehen des verletzten Fusses sichtbar auseinander.

Nicht minder bemerkenswerth ist auch die Thatsache, dass bei den Kaninchen dieser letzten Gruppe das Absterben der Gewebe in umgekehrter Reihenfolge vor sich geht. Es erscheint zuerst auf der hinteren Seite der Zehen und nur per contiguum, beim Uebergange auf die Sohle, ergreift es auch die Ferse. So war es bei Nr. 5 und 7 der Fall, bei welchen die Weichtheile der operirten Extremitäten auf der Ferse und der Fusssohle ganz unversehrt waren, indem die hintere Fläche ihrer Knochenphalangen völlig ihre Weichtheilhüllen verloren hatte. Die Weichtheile der verletzten Extremitäten bei den Kaninchen Nr. 6, 8 und 9 gingen in mehreren Punkten der Fusssohle zugleich zu Grunde und scheinbar ohne jeden Zusammenhang mit der anatomischen Lage der operirten Nerven. Doch können eben diese Erscheinungen, wie wir weiter ersehen werden, der Beurtheilung dieses Zusammenhangs zu Hülfe kommen.

Bei den Kaninchen Nr. 8 und 9, welchen nur an einer Seite der centrale N. peroneus mit dem peripheren Tibialis post. verbunden war, liessen sich keine bestimmten activen Bewegungen der kranken Extremität bewirken — beim Aufheben an den Ohren streckten sich die Zehen nicht auseinander und das Fussgelenk verhielt sich, im Vergleich mit dem gesunden, ganz passiv gegen die Bewegungen und Streckungen des Schenkels, kurz — es schien gänzlich gelähmt.

Den letzten drei Kaninchen Nr. 10, 11 und 12 wurden anfänglich an der linken Hinterextremität der centrale Abschnitt des N. tibialis post. mit dem peripheren des N. peronei, und nachher 7 Monate später an der rechten Hinterextremität dieselben Nerven in umgekehrter Weise verbunden, d. h. der centrale Abschnitt des Peroneus mit dem peripheren Tibialis post. Diese zweite Operation ist nur bei einem von den drei operirten Kaninchen, nämlich bei Nr. 3, völlig gelungen. An diesem Exemplar konnte man eine sehr charakteristische Erscheinung beobachten. Bei den freien Bewegungen des Thieres äusserte nämlich seine linke Hinterextremität mehr Neigung zur Extension, die rechte hingegen mehr zur Flexion; beim Sitzen war die linke gebogen, die rechte dagegen etwas auswärts und nach hinten gestreckt und stützte sich auf ihre Hinterfläche. Die beiden anderen Nr. 11 und 12 gaben ganz unerwartete Resultate. Die activen Bewegungen des rechten Hinterfusses kehrten allmählich zur Norm zurück und nach Verlauf von einigen Monaten waren ihre Bewegungsdefecte vollkommen verschwunden, so dass die schärfste Beobachtung auch nicht den geringsten Defect herausfinden konnte.

2) Katzen. Sechs jungen Katzen wurden an den Hinterextremitäten eben solche Operationen gemacht wie den Kaninchen, nämlich: einigen von den sechs wurde einerseits der centrale N. tibialis post. mit dem peripheren N. peroneus, und allen anderen der centrale N. peroneus mit dem peripheren N. tibialis post. auch einerseits verbunden.

Die Beobachtung der Bewegung dieser Thiere nach der Operation ist sehr schwierig, weil die Katzen überhaupt sehr empfindlich gegen jedes Trauma sind und selten eine Operation gut ertragen. Vier von ihnen gingen im 8. bis 9. Monat nach der Operation an der Schwindsucht zu Grunde, die beiden anderen waren so unbehend und träge in ihren Bewegungen, dass es sehr schwierig war, genaue Folgerungen und Schlüsse über die activen Contractionen der operirten Extremität zu machen. Das verletzte Bein hält die Katze gewöhnlich hoch an sich gezogen, und noch lange nach der Operation sucht sie bei ihren Bewegungen den Gebrauch dieses Beines zu vermeiden. Nur am Ende eines Jahres konnte man bei aufmerksamer Beobachtung Zuckungen bemerken, die dann und wann in bedeutendere

Extensorverkürzungen übergingen; aber auch die am Leben gebliebenen Katzen hatten augenscheinlich die Schwindsucht, und als die eine umgekommen war, wurde die andere einem Experimente unterworfen. Die operirten Extremitäten waren bei allen Katzen merklich atrophirt, obgleich ein Absterben der Weichtheile sich noch nirgends herausgestellt hatte. Die Haut der Sohlenfläche war nur kurz nach der Operation etwas feucht; die ganze Zeit nachher jedoch trocken und rauh.

3) Junge Hunde. Zwei dreimonatliche Hunde wurden derselben Operation wie die vorigen Thiere unterworfen. Dem einen, Nr. 1, wurde der centrale Abschnitt des N. tibialis mit dem peripheren N. peroneus, dem anderen umgekehrt der centrale N. peroneus mit dem peripheren Tibialis post. und beiden an der linken Seite vereinigt.

Der junge Hund Nr. 1 verhielt sich im Laufe der ganzen Zeit nach der Operation ebenso wie alle Thiere mit derartigen Verletzungen; nur hielt er, wie auch die Katzen, den kranken Fuss öfters gehoben. Dessen ungeachtet war schon im vierten Monat in den krampfhaften Bewegungen des kranken Beines ein Vorherrschen der Extensoren zu bemerken und das Bein hing mehr ausgestreckt.

Bei dem Hunde Nr. 2 hatten die Muskeln des Schenkels sichtbar ihren Tonus verloren und verhielten sich ganz passiv gegen die Bewegungen und Streckungen des Hüftbeines. Im Laufe der ganzen Zeit nach der Operation liessen sich keine Besserungen in den Bewegungen des verletzten Beines bemerken — es hing ganz schlaff herunter. Nekrose war bei den kranken Hunden in sieben Monaten noch nicht eingetreten.

Vierwöchentliche Schweine sind auf dieselbe Weise wie die jungen Hunde operirt worden. Das eine von ihnen, Nr. 1, gab Erscheinungen, die völlig identisch mit denjenigen bei Thieren waren, welchen der centrale N. tibialis post. mit dem peripheren N. peroneus vereinigt worden war. Besonders charakteristisch waren die Verkürzungen der Fussstrecker, die es verursachten, dass das Thier hauptsächlich bei forcirten Bewegungen den Schenkel und den Fuss an den Unterleib drückte und dessen Seitenfläche zu kratzen schien. Nach Verlauf von 11 Monaten waren Mängel der activen Bewegungen des kranken Beines nur noch durch das Vorherrschen der Extension und durch die gestreckte Lage des Fusses zu bemerken. Ausserdem fand ich in Folge der Abschilferung und Zerstückelung des Hornblattes den Huf auf der unteren Fläche zerplatzt und von sinuosen Gängen durchlöchert.

Die Beobachtung der Wiederherstellung der activen Bewegungen des zweiten Schweines gab keine charakteristischen, dieser Operation eigenen Erscheinungen. Der paralytische Zustand des Beines ging allmählich in

normale Bewegungen über, so dass schon im vierten Monat nach der Operation bei den activen und ganz freien Bewegungen des Thieres kein Unterschied zwischen den beiden Hinterextremitäten zu bemerken war.

Physiologische Experimente.

Um die auf die oben beschriebene Weise operirten Thiere einer physiologischen Untersuchung zu unterwerfen, muss man einen Zeitraum von 6 bis 16 Monaten verstreichen lassen, damit das Thier wieder völlig hergestellt sei. Vor dem Experimente wurde das Thier gewöhnlich durch Chloroform oder Injection von Tinctura Opii narkotisirt. Diesen Experimenten wurden hauptsächlich Kaninchen und Katzen unterworfen. Dem Thiere wurden der Nerv und die Extremität so entblösst, dass man die Zusammenziehungen der letzteren direct beobachten konnte. Zur Erregung wurde meistentheils der Inductionsstrom mit allen Vorsichten angewandt (die Elektroden durch Hartgummi isolirt), weil chemische und mechanische Erreger sehr bald vorübergehende unbeständige Effecte hervorrufen, sehr bald das Nervengewebe tödten und, was sehr wichtig ist, sich nicht dosiren lassen. Der zusammengewachsene Nerv, der zuvor so nah wie möglich am Wirbelcanal abgeschnitten war, wurde vor und hinter der Narbe, d. h. bald am centralen bald am peripheren Stumpfe gereizt. Manchmal wurde das Rückenmark in der unteren Hälfte zerstört, um etwaige Reflexe zu vermeiden. Bei den meisten Fällen bekam ich folgende Erscheinungen:

Bei den vier ersten Kaninchen rief die Reizung des aus dem centralen N. tibialis post. und dem peripheren N. peroneus gebildeten Nervenstammes eine sichtbare Zusammenziehung derjenigen Muskeln hervor, in welchen sich der N. peroneus verzweigt, und bei heftigen Reizungen entstand eine noch heftigere Streckung des Fusses, die Zehen jedoch streckten sich nicht auseinander. Der Unterschied zwischen den Erscheinungen bei jedem dieser vier Kaninchen bestand nur darin, dass eine grössere oder kleinere Reizkraft angewandt werden musste. Ausserdem traten bei den Kaninchen Nr. 3 und 4 die Reizeffecte nur dann klar und dauernd hervor, wenn die Sehnen der Lendenmuskeln zuvor durchschnitten waren. Die Reizung der zusammengewachsenen Stümpfe: des centralen N. peronei mit dem peripheren N. tibialis post. rief bei den Kaninchen Nr. 5 und 7 Zusammenziehung derjenigen Muskelgruppe hervor, welche von dem N. tibialis post. innervirt wird, wobei Verstärkung des Stromes (Annäherung der secundären Rolle bis 7—5 cm) eine tetanische Flexion des Fusses und Auseinanderspreizung der Zehen verursachte. Bei Entblössung des Nerven der kranken Extremität bei den Kaninchen Nr. 8 und 9 wurden die durchschnittenen Nerven nicht zusammengewachsen gefunden; deshalb gelang es auch nicht,

irgend eine Verkürzung durch Reizung der degenerirt gebliebenen Stümpfe hervorzurufen. Dagegen bei den Kaninchen Nr. 11 und 12 zeigte sich eine gemeinschaftliche Schwiele aller vier Abschnitte, wahrscheinlich in Folge ungenügender Resection derjenigen Nervenenden, welche unvernäht gelassen waren. Unter anderem gelang es bei einem der letzteren (Nr. 12) folgende Erscheinung zu bekommen: nachdem der N. tibialis post. praeparirt und durchschnitten war, lieferte die Reizung eines centralen Abschnittes eine Zusammenziehung der dem N. peroneus angehörigen Muskeln (ähnlich wie in Kühne's Versuch).

Die an Katzen gemachten Experimente ergaben nur bei der einen ein positives Resultat; bei der anderen wurden die Nervenabschnitte nicht verwachsen gefunden. Die Reizung des zusammengewachsenen Nerven vor und hinter der Schwiele rief bei der ersten eine Zusammenziehung der Muskeln der vorderen Schenkelseite und der Fusssohle hervor, und sogar nach Durchschneidung der Achillessehne änderte sich die Intensität der Erscheinungen nicht im Geringsten.

Beide Schweine wurden keinem physiologischen Experiment unterworfen, sondern dienten nur als Objecte zur anatomischen Untersuchung der zusammengewachsenen Nerven.

Den Kaninchen Nr. 6 und 10 und den Hunden wurden ausserdem noch Operationen am Halse gemacht. Die Beschreibung der an ihnen vollführten physiologischen Experimente wird den Inhalt der folgenden Abtheilung bilden.

Anatomische Untersuchung.

Die makro- und mikroskopische Untersuchung der Nerven und Muskeln der operirten Extremitäten führte zu Resultaten, welche in mancher Hinsicht die Erklärung der physiologischen Erscheinungen ergänzen können. Für's erste muss bemerkt werden, dass alle anatomischen Veränderungen der Gewebe — Folgen der vorhergegangenen Operationen — in ihren allgemeinen Zügen, sich in allen Fällen mit wenigen Ausnahmen wiederholten. Z. B. in den Fällen des Zusammenwachsens des centralen Tibialis post. mit dem peripheren Peroneus war eine auffallende Veränderung der Muskeln des hinteren Schenkels leicht zu bemerken. Sie erschienen immer durchlöchert, blass und gaben unter dem Mikroskop ein Bild der Fettdegeneration. Die Muskelgruppen der vorderen Seite hatten fast immer ein normales Aussehen. Uebrigens kam es auch vor, dass unter diesen letzteren ganz gesunden sich auch nicht ganz normale vorfinden liessen; nach weiteren Erkundigungen stellte es sich heraus, dass solche Erscheinungen den Fällen angehören, bei denen während der Reizung des zusammengewachsenen Nerven die Verkürzung der Extensoren sehr schwach

war und nur durch starke Ströme geschah. In den Fällen, wo die Nervenabschnitte nicht zusammengewachsen waren, erschienen die Muskeln an beiden Seiten des Schenkels degenerirt. In einigen Fällen war das Muskelgewebe ganz mit kleinen Extravasaten bedeckt, welche hauptsächlich da vorgefunden wurden, wo der N. suralis durchschnitten war. In allen Fällen, wo die Thiere ihre vollkommen normalen Bewegungen wiederbekamen, wurden die Muskelgruppen bei vielen unverändert gefunden.

Ebensolche anatomische Veränderungen waren an den Extremitäten vorzufinden, an welchen der centrale Stumpf des Peronei mit dem peripheren des N. tibialis post. zusammengewachsen war; nur waren hier diejenigen Muskelgruppen degenerirt, welche der Verbreitungsregion des N. peronei angehören. Bei den Objecten dieser Kategorien kann man aber auch an der Seite des zusammengewachsenen Nerven unter den normalen Muskeln öfters einzelne Muskeln degenerirt finden; hauptsächlich in den Fällen, in welchen der N. suralis auch degenerirt war.

Die Narbenstelle der zusammengewachsenen Nerven stellt makroskopich eine spindelförmige Anschwellung dar und giebt nach Zerspaltung unter dem Mikroskop ein Bild des neugebildeten Nervengewebes in verschiedenen Stadien der Entwickelung nebst Bündeln degenerirter Nervenfasern. Eine genauere Beschreibung der mikroskopischen Befunde der zusammengewachsenen Nerven, welche nach der von mir vorgeschlagenen Methode vereinigt waren, erlaube ich mir auf eine spätere Zeit zu verschieben. Das reichliche Material, welches ich jetzt zur Verfügung habe, wird mir hoffentlich die Möglichkeit geben, eine besondere Arbeit über diese Frage zu liefern. Hier beschränke ich mich nur auf folgende Bemerkung. Bei einigen Thieren rief die Reizung des centralen Abschnittes des zusammengewachsenen Nerven keine oder einen unbedeutenden Effect in seinen peripheren Endigungen hervor, dagegen gab Reizung des peripheren Stumpfes Verkürzung der ihn angehörigen Muskeln. Die Untersuchung solcher zusammengewachsener Nervenstümpfe erwies, dass die Verbindungsstelle junges Narbengewebe nebst Zellenelementen aller möglichen Formen enthält, von denen die meisten spindelförmig und an vielen Stellen durch lange Sprossen verbunden sind.

Endlich weist die genaue Beobachtung des nekrotischen Processes — seines Auftretens und seines Entwickelungsganges auf seinen Zusammenhang mit der anatomischen Vertheilung der peripheren Nerven hin. Es sterben gewöhnlich solche Gewebsparthien ab, welche der Verzweigung der vom centralen Nervensystem getrennten Nerven entprechen. Bei dem Kaninchen Nr. 6, 8 und 9 trat die Nekrose gleichzeitig an mehreren Stellen fleckenweise auf und fast immer war hier ohne Mühe ein degenerirter Muskel vorzufinden.

Der Vergleich aller angeführten Thatsachen, welche in dem Zeitraum nach der Operation stattfinden, mit den beim physiologischen Experiment erhaltenen Erscheinungen wie auch die anatomischen Angaben gestatten einige Folgerungen zu machen.

Durchschnitten und wieder vereinigt wurden hauptsächlich die Nn. tibialis post. und peroneus, von welchen der erste sich auf der hinteren, der zweite auf der vorderen Seite des Schenkels und des Fusses verzweigt. Folglich ist die Bestimmung des N. tibialis post. die Beugung, — des N. peroneus die Streckung des Fusses und der Zehen zu beherrschen; sobald aber der centrale Abschnitt des einen mit dem peripheren des anderen vereinigt war, wechselten die Rollen. Ein solcher Wechsel trat nicht auf einmal ein, sondern ziemlich langsam; gleichzeitig konnte man in mehreren Fällen constatiren, dass die willkürlichen Bewegungen nicht mit der Zusammenwachsung der Nerven zugleich erscheinen, sondern erst lange nach erfolgter Zusammenwachsung. Z. B. bei den Kaninchen Nr. 11 und 12 waren die operirten Nerven der linken Extremität nach 18 Wochen schon völlig verwachsen und die Reizung ihrer peripheren Abschnitte unterhalb des Verwachsungsknotens rief Zusammenziehung der entsprechenden Muskeln hervor; und doch liessen sich nicht nur keine willkürlichen Bewegungen der operirten Extremitäten beobachten, sondern die Reizung der centralen Nervenstümpfe erzeigte sogar keine Verkürzung der Muskeln. Oft liessen sich bei der mikroskopischen Untersuchung der Schwiele der zusammengewachsenen Nerven Bündel neugebildeter Nervenfasern nebst Nestern von Zellenelementen verschiedener Form entdecken; doch gab es Fälle, wo unter denselben Verhältnissen in der Narbenstelle die Nervenfasern vorherrschten und Zellenelemente nur in sehr geringer Menge vorzufinden waren. Ueber derartige Erscheinungen will ich die Ansicht des Professors W. B. Tomsa anführen, die er während meiner Beschäftigung im Laboratorium ausgesprochen hat.[1] (*) Er meint, dass eine sehr wichtige Rolle bei der Entwickelung und Bildung des Nervengewebes die Impulse spielen, welche, von dem Centrum ausgehend, durch die Entzündungsreaction die Zellenelemente, welche sich zwischen den Nervenstümpfen angesammelt haben, in fortwährendem erregtem Lebenszustande erhalten und dieselbe auf diese Weise nöthigen, sich zu differenciren und die gehörige Form des Nervengewebes anzunehmen.(*) Wie dem nun auch sei, so lässt sich aus den früher angeführten Beobachtungen ersehen, dass die Willensimpulse durch die Verwachsungsstelle verschiedener Nerven zur Peripherie dringen können, und wenn man noch die Resultate der experimentalen Untersuchungen hinzufügt, so kann man folgende Sätze aufstellen:

[1] Im Texte sind zwischen den Zeichen (*) die Meinungen des Prof. W. B. Tomsa mit seiner gütigen Einwilligung angeführt.

1) Bei Zusammenwachsung des peripheren Abschnittes des einen Muskelnerven mit dem centralen des anderen wird die Function desjenigen Muskels, welcher dem ersten entspricht, wieder hergestellt.

2) Die Richtung der bewegenden Willensimpulse, welche von dem Centrum ausgehen, lässt sich nach Belieben ändern, und sie werden sich immer an ihre peripheren Endigungen accommodiren.

Und in der That, in unserem Beispiel wird der Flexionsimpuls, welcher den N. tibialis post. entlang geht, durch den Extensionsimpuls, welcher gewöhnlich den N. peroneus entlang geht, ersetzt und umgekehrt. Was die motorischen Erscheinungen betrifft, so beschränke ich mich einstweilen nur auf die Andeutung derjenigen Thatsachen, welche uns der Lösung der Frage über den unmittelbaren Einfluss des centralen Nervensystems auf die Ernährung der Gewebe überhaupt näher bringen. Aus der oben angeführten Schilderung des Auftretens und der Verbreitung der Nekrose ist leicht zu folgern, dass in mehreren Fällen das Trauma (Kaninchen Nr. 5, 6, 7 und Schwein Nr. 1) keinen oder einen sehr geringen Einfluss auf deren Auftreten hatte. Die Aussenwelt wirkt zwar zerstörend auf den lebenden Organismus, welcher seinerseits bestrebt ist, allen schädlichen äusseren Einflüssen Widerstand zu leisten; doch behält die Lebenskraft des Organismus nur da die Fähigkeit der Selbsterhaltung, wo sein Nervensystem vollkommen regelmässig functionirt, — in paralysirten Stellen aber unterliegen die Gewebe leichter verschiedenen Insulten; hieraus wird verständlich, dass, wenn die letzteren möglichst entfernt werden, auch die Unversehrtheit der Gewebe länger bewahrt wird, wie das an den operirten Katzen und Hunden zu ersehen ist (s. o.). Ich halte hier die Bemerkung für nothwendig, dass ich zur Frage: „über Zusammenwachsen der Nerven verschiedener Bestimmungen“ in der letzten Zeit noch einige ergänzende Experimente gemacht habe, nämlich: bei sechs Kaninchen liess ich den peripheren Abschnitt des N. phrenici mit dem centralen des Nervenstammes zusammenwachsen, welcher aus der ersten Schlinge des unteren Halsgeflechtes genommen war. Nach den Erscheinungen zu urtheilen, welche bis jetzt bei diesen Operationen aufgetreten sind, darf man hoffen, dass auch derartige Verwachsungen positive Resultate ergeben werden.

B. Zusammenwachsen der Nerven verschiedener Functionen.

Zu dieser Operation wurden Experimente an 32 Katzen, 8 Kaninchen, 4 jungen Hunden, 6 Schafen, 5 Ziegen und 4 Schweinen gemacht. Alle waren hauptsächlich junge Thiere. Zum Verwachsen wurden die Nn. vagus

und hypoglossus genommen, weil dies die bequemsten wegen ihrer anatomischen Lage so wie wegen der Verschiedenheit ihrer Functionen sind.

Um auf einmal beide Nerven zu entblössen, wurde der Schnitt im oberen Halsdreieck ausgeführt, und zwar angefangen von der Ecke der unteren Kinnlade in der Richtung nach unten, dem inneren Rande des M. sterno-cleidomastoidei parallel, bis an den oberen Rand des schildförmigen Knorpels. In der oberen Ecke des Schnittes liegt die untere Kieferdrüse, welche man, ohne ihre Kapsel zu berühren, abheben und nach oben schieben muss, um sogleich den N. hypoglossus hervorzuholen; hernach muss man mittels zweier Pincetten das tiefe Blatt der Halsfascia und die Gefässe und Nervenhülle zerreissen, um den N. vagus mit seinem Plexus nodosus und den wichtigeren Halszweigen zu entblössen. Bei manchen Thieren, z. B. den Schafen, ist die Gl. submaxillaris sehr gross und erstreckt sich nach unten bis an die schildförmige Drüse, deswegen ist man genöthigt, die Kapsel der unteren Kieferdrüse zu zerreissen und darauf ihr Parenchym zu zerschneiden. Solche anatomische Bedingungen sind sehr unbequem und sehr nachtheilig für den Process der Heilung, welcher durch die anhaltende Exsudation, wegen der Befeuchtung des Schnittes, bedeutend aufgehalten wird. Bei den Kaninchen und Katzen hingegen erstreckt sich die untere Kieferdrüse oft dem inneren Rand des Unterkiefers entlang nach oben, und der N. hypoglossus liegt ziemlich tief; deswegen darf man beim Aufsuchen des Nerven die Halsmuskeln nicht zu sehr spannen. Macht man den Schnitt zu weit einwärts, so kann es vorkommen, dass man im oberen Winkel des Schnittes in der Tiefe den N. pharyngeus findet, welcher der Dicke und Richtung nach, wie das bei Schweinen und Ziegen der Fall ist, sehr dem Hypoglossus ähnlich ist; der Dicke nach ähnelt ihm oft auch der Ausfuhrcanal der unteren Kieferdrüse (bei den Schafen). Deswegen muss man sich, den N. hypoglossus suchend, nach der A. carotis ext. richten, vor welcher nur dieser eine Nerv verläuft.

Beide Nerven, Vagus und Hypoglossus wurden gewöhnlich in allen Fällen so durchschnitten, dass der Ramus descendens, N. hypoglossus und der N. laryngeus sup. bei ihren centralen Stümpfen blieben. Die Operation der Verbindung wurde nur an einer Seite des Halses gemacht und nach einiger Zeit wurde an der anderen Seite der eine oder der andere Nerv, je nachdem der gegebene Fall es erforderte, resecirt. Gewöhnlich wurde der centrale Stumpf irgend eines der beiden Nerven mit dem peripheren des anderen vereinigt und aus dem überbliebenen Stücke 1 bis $2^1/_2$ cm ausgeschnitten. Hier ist es nothwendig, noch zu bemerken, dass die Individualität der Thiere überhaupt bei den beschriebenen Experimenten und Operationen eine sehr wichtige Rolle spielt und das grösste Hinderniss zu deren Ausführung bietet, indem sie die Resultate der Untersuchungen im

Voraus höchst problematisch macht. Es giebt Fälle, in denen während der primären Operation nach Durchschneidung des N. vagus stürmische Anfälle seitens der Athmung erscheinen und das Thier gleich oder in ein paar Tagen zu Grunde geht. Man kann die Voraussetzung hegen, dass in derartigen Fällen gerade an der operirten Seite die functionellen Verrichtungen des N. vagus vorherrschen. Wenn die primäre Operation hingegen keine Aenderungen in der Respiration wie auch in der Herzthätigkeit zur Folge hat, so kann man befürchten, dass solch ein Exemplar zum Experiment nicht taugbar sein und die secundären Operationen nicht aushalten wird. In dieser Hinsicht sind Schweine und Ziegen bequemer. Bei diesen Thieren sind die so complicirten Functionen der N. vagi scheinbar gleichmässiger auf beiden Seiten vertheilt. Jedenfalls ist es zum Gelingen der Operation eine unumgängliche Bedingung, die Schliessung der äusseren Wunde zu erzielen, obgleich solches natürlich nicht als Garantie dafür angesehen werden kann, dass die Nervenstümpfe ebenfalls zusammengewachsen sind. Die äussere Wunde wurde immer mittels Catgut mit dichten Stichen vernäht und das Thier freigelassen, wenn aber die untere Kieferdrüse auch verletzt war, so musste man im unteren Winkel der Wunde eine Drainirung anbringen und sie mit einer leichten Auflösung von Arg. nitricum schmieren.

Protocolle.[1]

Katzen wurden zumeist operirt, aber von 22 Exemplaren gingen 5 gleich nach Durchschneidung des N. vagus an der rechten und in zwei Fällen an der linken Seite zu Grunde, bei 11 Exemplaren entwickelte sich gleich Lungenentzündung und Anschwellung des Unterleibs und die Thiere lebten 4 bis 12 Tage. Auf diese Weise überstanden die Operation von der ganzen Zahl der Katzen nur sechs, von welchen vieren (Nr. 4, 7, 9 und 10) an der linken und zweien an der rechten Seite der centrale Stumpf des N. hypoglossus mit dem peripheren des N. vagi, — zweien (Nr. 12 und 14) an der linken und einer (Nr. 16) an der rechten Seite der centrale Stumpf des N. vagi mit dem peripheren des N. hypoglossus vereinigt wurde.

Aus den Operationsprotocollen über die sechs überbliebenen Katzen ist zu ersehen, dass nach der Durchschneidung des Vagus stürmische Erscheinungen seitens der Athmung und des Herzens nur bei zweien beobachtet wurden, nämlich bei denjenigen, welche rechterseits operirt waren; diese Erscheinungen legten sich aber allmählich und nach Verlauf von zwei Wochen schienen die Thiere schon ganz gesund, obgleich der Puls und die Athmung in den ersten Tagen sehr beschleunigt waren; jedoch waren die

[1] Ausführlicher sind hier nur die glücklicheren Fälle angeführt.

Thiere träge und gingen nicht gern an's Fressen, so dass man einigen die Milch mit Gewalt einflössen musste. Bei vieren von ihnen konnte man während einiger Monate unregelmässige Bewegungen der Zunge beobachten, und nur bei zwei Katzen, bei welchen der centrale Stumpf des N. vagi mit dem peripheren des N. hypoglossus zusammengewachsen war, liessen sich im achten Monat schon gar keine Defecte an den Contractionen der Zunge mehr beobachten.

Nach Verlauf von 16 bis 20 Monaten wurden die genesenen Katzen einer zweiten Operation an der anderen Seite des Halses unterworfen. Den Katzen Nr. 4 und 7 wurden an der rechten Seite aus dem Vagus Stücke von 2 cm resecirt; gleich nach dieser Operation erschienen tiefe, röchelnde Inspirationsbewegungen und die Herzschläge stiegen bis 200 in der Minute.[1] Bei der Katze Nr. 4 entwickelte sich eine heftige Cyanose und sie ging in einigen Stunden zu Grunde. Der Katze Nr. 7 wurde ein tracheotomisches Rohr eingeführt und sie blieb einige Tage am Leben, während dessen sich der Puls und die Athmung beinahe ausgeglichen hatten; das Thier wollte aber nicht fressen und magerte sichtbar ab, das tracheotomische Rohr, welches sich fortwährend verstopfte, machte die Pflege des Thieres noch schwieriger und am fünften Tage wurde es todt gefunden. Beim Seciren der ersten Katze Nr. 4 fand man Anaemie der Eingeweide, das Herz etwas schlaff, und bei mikroskopischer Untersuchung des Stammes und der Zweige des N. vagus eine Menge degenerirter Nervenfasern, welche mit den normalen vermischt waren, und der N. recurrens der rechten Seite bestand ganz aus einem Bündel theilweise zusammengefallener, theilweise in Fettdegeneration begriffener Nervenröhren. Beim Seciren der Katze Nr. 7 zeigte es sich, dass, ausser Entkräftung und Anaemie der Eingeweide, die Lunge mit Knollen bedeckt und mit Schleim verstopft war; die Untersuchung des operirten Vagus und seiner Zweige dagegen zeigte nichts Besonderes, sondern nur eine Menge degenerirter Nervenbündel nebst normalen.

Der Katze Nr. 8 wurden linkerseits aus dem Vagus ebenfalls 2 cm resecirt; seitens der Athmung folgten beinahe keine Veränderungen, dagegen stieg die Zahl der Herzschläge bis 180. Am fünften Tage kehrte das Herz wieder zur Norm zurück, aber aus Furcht, das Thier zu verlieren, wurde es einem Experiment unterworfen, nach welchem ich beim Seciren eine angehende Entzündung und Wassergeschwulst der Lunge fand, und der Stamm und die Zweige des Vagus gaben eben solch ein Bild, wie in Nr. 7.

---

[1] Die Zahl der Herzschläge bei normalen Katzen ist 110—120 in der Minute bei 25—30 Athembewegungen.

Drei Katzen, Nr. 9, 10 und 11, starben sehr bald nach der primären Operation unter dyspnoëtischen Erscheinungen und heftigen Palpitationen des Herzens; in allen diesen drei Fällen waren die Nervenstümpfe noch nach der primären Operation nicht zusammengewachsen.

Bei zwei Katzen, Nr. 12 und 16, bestand die secundäre Operation in Resection des N. hypoglossus an der anderen Seite des Halses. Bei der Katze Nr. 12 hing nach der Operation die Zunge fortwährend heraus und hatte die Fähigkeit der activen Contraction verloren, aus welchem Grunde das Thier nur mit Mühe fressen konnte, anhaltende Tränkung des Thieres mit Milch hatte keine Besserung in den Bewegungen der Zunge zur Folge. Nach dem Seciren zeigte sich die Zunge mit Wunden und Rissen bedeckt und die Nerven nach der primären Operation gar nicht zusammengewachsen.

Die Katze Nr. 16 überstand die Operation gut und obgleich die Zunge während der ersten Tage dem Willen nicht folgte, so gelang es doch durch künstliches Füttern das Thier so weit zu stärken, dass es nachher die Zunge zwar etwas langsam, aber sonst ganz frei bewegen konnte; die Zunge schien aber dabei etwas nach der linken Seite gekrümmt; jedoch in der sechsten Woche fing die Katze an abzumagern und auszuzehren und wurde deshalb, um die Gelegenheit nicht zu verlieren, einem Experimente unterworfen. Beim Seciren wurden Lungentuberkeln und an der rechten Seite der Zunge Anzeichen der Nekrose gefunden.[2]

In allen gelungenen Fällen konnte man an der Verbindungsstelle der Nerven alle Kennzeichen der Nervenankylose finden.

Acht Kaninchen wurden an der linken oder rechten Seite des Halses operirt; drei von ihnen erlagen am dritten Tage nach der Operation bei immer steigenden, tiefen, schnarchenden Athembewegungen. Die Operation überstanden nur fünf, von welchen den Nr. 3 und 4 an der linken, den Kaninchen Nr. 6 und 8 an der rechten Seite der centrale Abschnitt des N. hypoglossus mit dem peripheren des N. vagi vereinigt wurde; dem Kaninchen Nr. 7 verband ich linkerseits den centralen Vagus mit dem peripheren N. hypoglossus. Alle diese am Leben gebliebenen Kaninchen äusserten keine anormalen Verrichtungen — sie frassen gut, liefen und sprangen muthwillig herum, als ob ihnen nichts geschehen wäre. Nach 16 bis 20 Monaten wurden sie alle einer secundären Operation unterworfen, welche Nachstehendes zur Folge hatte.

Bei dem Kaninchen Nr. 3 war nach der Resection des N. vagus an der rechten Seite die Athmung am ersten Tage etwas unregelmässig und glich sich nachher ganz aus; am vierten Tage jedoch war das Thier wenig beweglich, frass nicht und ging am sechsten Tage zu Grunde.

Das Kaninchen Nr. 4 erlag gleich nach der Operation bei tiefen, schnarchenden Inspirationen unter cyanotischen Erscheinungen.

Dem Kaninchen Nr. 6 wurde vorher ein tracheotomisches Rohr eingeführt und der N. vagus linkerseits resecirt. Am sechsten Tage wurde das Thier todt und das tracheotomische Rohr mit Schleim verstopft gefunden.

Dem Kaninchen Nr. 8 wurde der N. vagus unterhalb der Abgangsstelle des N. recurrens resecirt, so dass dieser letztere unbeschädigt blieb, nach einer solchen Operation gab es keine besonderen Erscheinungen Seitens der Athmung und das Thier lebte acht Tage.

Nach der Resection des N. hypoglossus bei dem Kaninchen Nr. 7 an der rechten Seite war die Zunge ganz unbeweglich und folgte dem Willen des Thieres nicht, aus welchem Grunde, obgleich künstliche Nahrung angewandt wurde, keine Besserung zu bemerken war und das Thier verhungerte.

Zu dieser Kategorie gehören noch die Kaninchen Nr. 6′ und 10′, welche an den Hinterextremitäten operirt waren, um Nerven verschiedener Bestimmungen zusammenwachsen zu lassen (s. oben A.) Diesen beiden Kaninchen wurden nach Verlauf von sieben Monaten nach der Operation an den Extremitäten, an der linken Seite des Halses der centrale Abschnitt des N. hypoglossus mit dem peripheren des N. vagus verbunden; auch diese Operation überstanden sie vortrefflich, aber nach acht Monaten, also im dritten Jahre nach der ersten Operation, starb das Kaninchen Nr. 10′ am sechsten Tage nach der Resection des rechten N. vagus. Während dieser Zeit waren die Herzschläge in den ersten Tagen ausserordentlich beschleunigt, so dass sie gar nicht zu zählen waren; nachher wurden sie allmählich seltener und zuletzt waren sie kaum fühlbar.

Die Section der Kaninchen, welche am zweiten bis dritten Tage nach der primären Operation gestorben waren, zeigte starke Ueberfüllung mit Blut und Wassersucht der Lunge. Veränderungen aber, welche nach den secundären Operationen gefunden wurden, fielen sehr verschiedenartig aus, so z. B.:

bei den Kaninchen Nr. 4 und 6 waren die Eingeweide ganz in Ordnung, nur die Venen bedeutend mit dunkelem Blut gefüllt;

bei dem Kaninchen Nr. 3 waren Herz und Lunge ganz normal, aber der (Magen-Darmkanal) durch unverdaute Nahrung und Faecalmassen ausgedehnt, die Darmwände blass und welk;

bei dem Kaninchen wurden alle inneren Organe blass und blutarm gefunden, das Herz welk, mit durchlöcherten Wänden, und die Lunge mit weissen Tuberkeln besät;

bei dem Kaninchen Nr. 8 sahen alle Eingeweide ebenso aus, wie bei Nr. 10, ausserdem war die Lunge an Umfang verkleinert, trocken und mit dunkelrothen Flecken besät;

bei dem Kaninchen Nr. 7 wurde die Zunge wund und die vereinigten Nerven nicht zusammengewachsen gefunden.

Die mikroskopische Untersuchung einiger am meisten gelungenen Fälle führte zu ziemlich interessanten Befunden. Für's Erste bildete die Verbandstelle der zusammengewachsenen Nerven in allen Fällen ausser Nr. 7 eine Nervennarbe mit neugebildeten Nervenelementen. Die genaue Untersuchung des peripheren Stumpfes des N. vagus und seiner Zweige führte zu sehr verschiedenartigen Resultaten. Ueberhaupt wurden im Stamme des Vago-sympathicus die meisten Nervenfasern degenerirt und aus lauter Neurilemma bestehend gefunden, deren Inhalt durch $^1/_2$ procentige Lösung Osmiumsäure schwarz gefärbt wurde, nebst degenerirten Bündeln konnte man aber auch solche ganz normaler Nervenfasern vorfinden. Bei der Untersuchung der Zweige des N. vago-sympathicus stellte es sich jedoch heraus, dass bei dem Kaninchen Nr. 3 der ganze linke Magen-Darmzweig degenerirt, bei dem Kaninchen Nr. 4 an der linken Seite der N. recurrens und mehrere Fasern des N. sympathicus ebenfalls degenerirt waren, und endlich eine ebensolche Degeneration der linken Herz- und Leberzweige des N. vagus bei dem Kaninchen Nr. 8 vorgefunden wurde. Solche Degenerationen erstreckten sich entweder auf den ganzen Nervenzweig, oder die Mehrzahl seiner Fasern.

Die jungen Hunde wurden alle einer Vereinigung des centralen Hypoglossus-Stumpfes mit dem peripheren des N. vagus unterworfen. Zwei von ihnen (s. oben A.) hatten schon eine Operation an den Extremitäten überstanden. Nur einer von den Hunden hielt die primäre Operation am Halse aus, alle anderen starben am zweiten bis dritten Tage an Lungenentzündung. Der Ueberbliebene wurde nach fünf Monaten einem physiologischen Experiment unterworfen. Letzteres geschah nach so kurzer Frist aus dem Grunde, weil dem Thier aus Unvorsichtigkeit ein Hieb zugefügt wurde.

Die Schafe zeigten sich auch sehr empfindlich. Von sieben operirten Schafen lebten drei nur bis zum vierten bis sechsten Tage; einem Schafbock wurde sogar ein Trachealrohr eingeführt, aber auch dieses Mittel bewahrte ihn nicht vor Lungenentzündung. Die anderen vier ertrugen die Operation ziemlich gut, obgleich in den ersten Tagen die Athmung etwas unregelmässig war und der Puls von 100 Schlägen in der Minute, welche bei Schafen normal sind, bis 150 stieg, indessen kam mit der Zeit Alles gewöhnlich wieder zur Norm. Diese Ueberbliebenen wurden auf folgende Weise operirt: dem Schafe Nr. 1 wurde am Halse linkerseits, den Böcken

Nr. 4 und 5 rechterseits der centrale Stumpf des N. hypoglossus mit dem peripheren des N. vagus, — und dem Bocke Nr. 3 linkerseits der centrale Stumpf N. vagi mit dem peripheren N. hypoglossi verbunden.

Nach 18 Monaten wurde dem Bocke Nr. 4 linkerseits aus dem Vagus ein Stück von $1^1/_2$ cm resecirt, worauf das Thier in den ersten Tagen ein wenig träge, der Puls etwas beschleunigt und bei dem Athmen ein Schnarchen hörbar war; in den folgenden zehn Tagen liessen sich keine krankhaften Erscheinungen bemerken und nur am zwölften Tage hörte das Thier auf zu fressen und stöhnte sehr, so dass ich aus Befürchtung, es zu verlieren (am vierzehnten Tage nach der secundären Operation), genöthigt war, an ihm ein physiologisches Experiment zu machen.

Der Bock Nr. 5 verhielt sich nach der secundären Operation, welche siebzehn Monate später (nach der primären) erfolgte, ebenso wie Nr. 4; jedoch wegen heftiger Anschwellung des Magens war man genöthigt, Massage anzuwenden, welche der Weiterbeförderung der Speise in den Gedärmen behülflich zu sein schien, am 22. Tage wurde das Thier aber doch todt gefunden.

Dem Bocke Nr. 3 wurde nach 30 Monaten der N. hypoglossus an der rechten Seite resecirt. Nach dieser zweiten Operation blieb die Zunge ganz unbeweglich und schien etwas nach der linken Seite gekrümmt zu sein; sobald das Thier die Speise in's Maul genommen hatte, liess es dieselbe gleich wieder fallen, weshalb man es in den beiden ersten Tagen künstlich mit Milch tränken musste; seit der Zeit handhabt das Thier die Zunge bis jetzt zwar etwas langsam, aber ganz normal, und die Krümmung nach der linken Seite ist kaum bemerkbar.

Beim Seciren des Bockes Nr. 5 zeigte es sich, dass der Magen und die Gedärme durch Gase und Faecalmassen enorm ausgedehnt waren; ihre Wände erschienen verdünnt, blass und ganz anaemisch; die übrigen Organe waren auch blutarm, das Herz welk und löcherig; die Lungen wurden ganz normal gefunden. Das Mikroskop entdeckte im Stamme des rechten N. vagi viel degenerirte Nervenfasern nebst normalen, aber sein Magen-Darmzweig und theilweise die Herzzweige waren weit dünner und bestanden aus lauter fibrösen Fasern, welche aus zusammengefallenen Nervenröhren gebildet zu sein schienen. In der Narbenstelle wurden alle Anzeichen dazu gefunden, dass die Nerven zusammengewachsen waren.

Ziegen wurden auf gleiche Weise, wie die Schafe operirt, nur eine kam am neunten Tage nach der primären Operation um; die übrigen ertrugen sie merkwürdig gut. Nach der Durchschneidung des N. vagi dauerten schnarchende Athmung und beschleunigte Herzthätigkeit nur einige Minuten, — in der übrigen Zeit liessen sich keine Unregelmässigkeiten bemerken.

Bei den Ziegenböcken Nr. 1 und 2 wurde dem ersten an der linken, dem zweiten an der rechten Seite der centrale Stumpf N. hypoglossi mit dem peripherischen N. vagi verbunden. Bei den Böckchen Nr. 3 und 5 wurde dem einen rechterseits, dem anderen linkerseits der centrale Stumpf des N. vagus mit dem peripherischen des N. hypoglossus vereinigt.

Nach Verlauf von siebzehn Monaten wurden die Böckchen Nr. 1 und 2 der Resection des N. vagi an der anderen Seite des Halses unterworfen. Nr. 1 erlag am anderen Tage unter Erscheinungen der Lungenwassersucht, und bei der Section wurden die Nerven der linken Seite nicht zusammengewachsen gefunden. Der Bock Nr. 2 lebte nach dieser Operation noch 20 Tage, während er Unregelmässigkeiten seitens der Herzschläge äusserte, stieg die Zahl der Schläge von 100 (welche gewöhnlich normal sind) bis 170 in der Minute, die Athmung war ebenfalls beschleunigt. So dauerte es acht Tage und nachher kam Alles allmählich wieder zur Norm. Aber vom vierzehnten Tage an wurde das Thier merkbar traurig, frass ungern, die Herzschläge wurden seltener und schwächer, die Athmung schwer mit langen Pausen, die Kräfte sanken sichtbar und in den letzten Tagen stand es nicht mehr auf. Die Section dieses Böckchens ergab ein Bild der vollkommenen Anaemie aller Organe; das Herz war durchlöchert; die Lungen trocken und im Umfang vermindert; besonders die rechte, in welcher spitze Tuberkeln waren, auf der Oberfläche der linken Lunge liessen sich einige rothe Flecken (Extravasate) bemerken. Die Untersuchung des N. vagi zeigte, dass sein rechter Herzzweig das Aussehen eines dünnen glanzlosen Fadens hatte, welcher aus einem Bündel in fettigen Zerfall begriffenen Nervenröhren bestand. Die übrigen Zweige, wie auch der Stamm des Vago-sympathici enthielten zwar einige degenerirte Nervenbündel, doch liessen sich darunter ebenso viele normale finden.

Den Böckchen Nr. 3 und 5 wurden im dritten Jahre nach der ersten Operation Stücke von 2 ^{cm} aus dem N. hypogl. an der anderen Seite des Halses resecirt.

Nach dieser Operation konnte Nr. 3 die ersten Tage nicht kauen, er griff zwar gierig nach den Speisen, hörte aber gleich zu kauen auf und behielt das Fressen unbeweglich im Maul; hierbei war aber weder während, noch nach der Operation ein Verziehen der Zunge zu bemerken. Nach einem zwei Tage langen künstlichen Füttern fing das Böckchen an, zu kauen, anfänglich langsam und mit Absätzen, nachher immer besser und besser, und schon in den letzten Tagen konnte man weder in den Bewegungen der Zunge, noch im Kauen der Speise irgend welche Unregelmässigkeiten bemerken; aber zuletzt fing er an, merklich abzumagern und wurde deshalb (nach Verlauf von zwei Monaten seit der letzten Operation) einem physiologischen Experiment unterworfen. Eine gleiche Operation bei

dem Böckchen Nr. 5 gab ziemlich zweifelhafte Resultate: die linke Seite der Zunge war wund, ihre Bewegungen unregelmässig, wobei dieselbe, manchmal aus dem Maule hängend, sich nach der linken Seite verzog, die Speise wurde mit Mühe zerkaut und es war nur wenig Besserung zu beobachten.

Schweine ertrugen die primären Operationen ebenfalls gut.

Nur eins ging am zehnten Tage zu Grunde und seine Lungen wurden wassersüchtig, die Bronchien mit blutiger Flüssigkeit gefüllt und der Magen stark durch Speise ausgedehnt gefunden. Von den überbliebenen Schweinen Nr. 1 und 3 wurde dem einen rechterseits, dem andern linkerseits der centrale Stumpf N. hypogl. mit den peripherischen N. vagi, und dem Schweine Nr. 4 der centrale N. vagi mit den peripherischen N. hypogl. verbunden.

Nach zehn Monaten ergab sich Folgendes: bei dem Schweine Nr. 2 waren die operirten Nerven nicht zusammengewachsen; bei dem Schweine Nr. 3 entstanden nach Durchschneidung des N. vagi stürmische Anfälle seitens der Athmung und des Herzens, deshalb wurde an ihm ein physiologisches Experiment angestellt und der Nervenknoten ausgeschnitten in der Absicht, ihn unter dem Mikroskop zu untersuchen. Das Schwein Nr. 4 wurde keiner zweiten Operation unterworfen, sondern es wurde der Nervencallus genommen.

Physiologische Experimente.

Einige der operirten Thiere wurden dem Versuche in der Absicht unterworfen, um die physiologische Beziehung der verwachsenen Nerven zu denjenigen peripheren Organen zu bestimmen, mit welchen sie verbunden sind. Hierzu konnten selbstverständlich Beobachtungen und Analysen derjenigen Erscheinungen dienen, welche bei Reizung der zusammengewachsenen Nerven verschiedenen Functionen eintreten; um deshalb die Erscheinungen, welche bei Reizung des zusammengewachsenen centralen Hypoglossus mit dem peripheren stumpfe N. vagi[1] auftreten, direct zu beobachten, ist es am zweckmässigsten, diejenigen peripheren Organe zu verfolgen, deren Function der N. vagus besorgt. Ebenso werden als Resultat der Reizung des Vago-hypoglossus die motorischen Erscheinungen seitens der Zunge auftreten.

Für's Erste muss bemerkt werden, dass die Experimente an Thieren

[1] Zur Abkürzung wollen wir den Nervenstamm, welcher aus Verwachsung des centralen N. hypoglossus mit dem peripheren N. vagi gebildet ist, mit einem Worte „Hypoglossus-Vagus" und die umgekehrte Verwachsung „Vago-Hypoglossus" nennen.

unter so complicirten und combinirten Bedingungen sehr selten vollkommen gelingen; die erhaltenen Resultate sind öfters sehr unklar und verwickelt, weshalb hier nur die reinsten Fälle angeführt sind.

Der junge Hund Nr. 1 wurde curarisirt, an der linken Seite des Halses wurde der N. hypoglosso-vagus entblösst, an der rechten Seite der N. vagus durchschnitten; in die rechte A. femoralis wurde eine Canüle eingeführt und mit dem Manometer des kymographischen Apparates verbunden; es bildeten sich Curven unter folgenden Zeichen (Abbildung 1):

Normale Curve . . . . . *a*
Reizung durch starken Strom des centralen Stumpfes des rechten N. vagi . . . . . *b*
Nach Durchschneidung des linken N. hypoglosso-vagus . . *c*
Reizung des N. hypoglosso-vagus oberhalb der Narbe . . . *d*
Ohne Reizung . . . . . *f*
Reizung des N. hypoglosso-vagus unterhalb der Narbe . . . *g*
Gerinnsel.

Der Bock Nr. 4 wurde chloroformirt; an der rechten Seite des Halses wurde der N. hypoglosso-vagus entblösst; an der linken Seite war es wegen der gebildeten Narbe schwer, die Enden des resecirten N. vagi herauszufinden und deshalb wurden sie nicht gereizt. Die Canüle in die A. carotis eingestellt und mit dem Kymographion verbunden. Es kamen folgende Curven zu Stande (Abbildung 2):

Normale Curve . . . . . *a*, *a′*
Nach Durchschneidung des rechten N. hypoglosso-vagus *b*, *b′*
Reizung des N. hypoglosso-vagus oberhalb der Narbe . *b″*, *b‴*
Gerinnsel.

Nach dem Experimente wurde das Thier secirt, wobei nichts Besonderes gefunden wurde, ausser einigen hepatisirten Inseln in der rechten Lunge, und war auch an derselben Seite die Zunge rissig.

Die Katze Nr. 8 wurde curarisirt; an der rechten Seite des N. hypoglosso-vagus entblösst, an der linken der N. vagus durchschnitten und die Canüle in die linke A. femoralis eingeführt. Es entstanden folgende Curven (Abbildung 3):

Normale Curve . . . . . *a*, *a′*
Reizung des centralen Abschnittes des linken N. vagi . . *b*, *b′*
Reizung des rechten N. hypoglosso-vagus unterhalb der Narbe (durch starken Strom) . . . . . *b″*

Reizung des rechten N. hypoglosso-vagus oberhalb der Narbe (durch schwachen Strom) . . . . . *b''''*
Secundäre Reizung des linken centralen Abschnittes des N. vagi . . . . . *c*, *c'*
Secundäre Reizung des rechten N. hypoglosso-vagi oberhalb der Narbe . . . . . *c''*

Das Schwein Nr. 3 äusserte nach Durchschneidung (s. o.) des N. vagi an der rechten Seite drohende Anfälle seitens der Athmung und des Herzens, dessen Schläge sich bis auf 180 in der Minute beschleunigten; um deshalb die Gelegenheit nicht zu verlieren, war ich genöthigt, das Experiment gleich auszuführen. Die Nerven der rechten Seite wurden entblösst und der N. hypoglosso-vagus oberhalb der Narbe durchschnitten. Die Durchschneidung änderte die Zahl der Herzschläge nicht, welche wie zuvor 180 in der Minute blieb; als ich aber die Elektroden unter den peripheren Abschnitt des N. hypoglosso-vagus führte, wurden die Herzschläge bei starkem Strome (schwacher gab keinen Effect) seltener und fielen bis 50 in der Minute. Nachher wurde das Thier getödtet und der Nervenknoten ausgeschnitten, um ihn näher zu untersuchen.

Die Katze Nr. 16 wurde chloroformirt, ihr N. hypoglosso-vagus an der rechten Seite des Halses entblösst; die Elektroden wurden oberhalb und unterhalb angebracht. Die unterhalb der Narbe angebrachte Reizung durch Inductionsstrom rief eine anhaltende und energische Contraction der Zunge, eine Art Tetanus hervor; und Reizung des dem N. vagus angehörenden Nervenstückes hatte eine sehr schnelle und vorübergehende Contraction der Zunge zur Folge. Solche Contractionen der Zunge stellten sich auch dann ein, wenn der N. hypoglosso-vagus nach der Abtrennung vom Centrum tetanisirt wurde. Eine solche Durchschneidung der zusammengewachsenen Nerven führte jedoch zu vollkommener Lähmung der Zunge, welche auch, nachdem die Wunde vernäht und das Thier zu sich gebracht war, aus dem Maule heraushing oder in den Schlund zurückfiel, ohne irgend welche active Bewegungen zu äussern.

Das Böckchen Nr. 3 wurde einem gleichen physiologischen Versuch unterworfen, wobei die Erscheinungen noch charakteristischer auftraten; obgleich die Narbe einen grossen Knoten bildete, ergab die Reizung centralwärts und peripher von demselben ganz identische Effecte bei einer und derselben Kraft des Inductionsstromes. Nach Beendigung des Experimentes und nach Durchschneidung des N. vago-hypoglossus wurde die Wunde vernäht und das Thier am Leben gelassen; seitdem folgte die Zunge seinem Willen nicht mehr und stellte ein ganz gelähmtes Glied dar. Künstliche Nährung binnen 8 Tagen führte zu keiner Besserung und das Thier wurde

der Autopsie unterworfen, wobei es sich zeigte, dass alle inneren Organe höchst erschöpft und anaemisch waren. Die Zunge war an der Seite des resecirten N. hypoglossus (linke Seite, s. o.) wund und zackig.

Dem Kaninchen Nr. 6 wurde Tinctura Opii in die V. jugularis externa injicirt und an der linken Seite der N. hypoglosso-vagus entblösst; an der rechten wurde der N. vagus durchschnitten, wobei Reizung seines centralen Stumpfes keinen Einfluss auf das Herz hatte; im Gegentheil, Reizung des linken N. hypoglosso-vagi hatte statt Verminderung Beschleunigung der Herzschläge und eine merkbare Steigerung des Seitenblutdruckes zur Folge. — Dieses Experiment ist noch in der Hinsicht interessant, als nach Durchschneidung des rechten N. vagi keine besonderen Erscheinungen Seitens der Athmung — kein schnarchendes Geräusch von dem Zuklappen der gelähmten Stimmbänder zu bemerken waren. Die mikroskopische Untersuchung der Nervennaht ergab darin Narbenbindegewebe mit einer geringen Anzahl unbeschädigter Remak'scher Fasern; auch waren Hyalinfasern anzutreffen, welche übrigens vollkommen normal waren. Dasselbe stellte auch der Stamm des operirten N. vagi dar; bemerkenswerth ist aber, dass der N. recurrens dieser Seite (linke) das Bild eines fast normalen Nerven darbot; sein Ast enthielt nur wenige degenerirte Nervenfasern.

Die Analyse der Erscheinungen, welche bei dem Experimente am jungen Hunde Nr. 1 beobachtet wurden, deutet darauf hin, dass Reizung des N. hypoglosso-vagi oberhalb und unterhalb der Narbe Aenderung des Rhythmus der Herzcontractionen herbeiführt, welche immer seltener werden und sogar ganz aufhören, obgleich dieses Aufhören nicht von langer Dauer ist. Bezüglich dieser Erscheinungen muss man mit der Meinung des Prof. Tomsa übereinstimmen, welcher die Voraussetzung macht, dass in dem gegebenen Falle die Zusammenwachsung der Nerven, wegen der kurzen Frist, noch nicht vollkommen zu Stande kommen und die Fasern des Stammes des N. vagus sich noch nicht regeneriren konnten; aus welchem Grunde sie von der Reizung leicht ermüden und den Durchgang der Erregung durch die Narbe erschweren. Eine solche Voraussetzung fand nicht nur in dem mikroskopischen Befund der zusammengewachsenen Nerven der untersuchten Fälle ihre Bestätigung, sondern auch in der Arbeit des Dr. Rogowitsch: über den „Einfluss der Nervenzerrung auf seine Leitungs- und Erregungsfähigkeit", welche im physiologischen Laboratorium der St. Woldemars-Universität ausgeführt wurde.[1]

---

[1] *Universitätsblatt.* Kiew, Januar 1884.

In den Versuchen des Dr. Rogowitsch kam nämlich immer eine und dieselbe Erscheinung zu Tage, die nämlich, dass nach der Zerrung die Leitungsfähigkeit des Nerven für Erregungen schnell stieg und fiel, indem sie in directer Beziehung zu der Menge der regenerirten Nervenfasern stand. In diesen unseren Versuchen rief Reizung des centralen Stumpfes des rechten N. vagus, sogar mit starkem Strom, keine Reflexerscheinungen auf den linken Hypoglosso-vagus hervor.

Die bei den Experimenten am Bocke Nr. 4 erhaltenen Erscheinungen deuten auf einen ziemlich soliden Zusammenhang, welcher, wie dies aus den erhaltenen Curven zu ersehen ist, zwischen dem centralen Stumpf des N. hypoglossi und dem peripheren des N. vagi entstanden ist. Die Durchschneidung des N. hypoglosso-vagi führte zu beschleunigten Herzschlägen und Reizung seines peripheren Stumpfes, d. h. des N. hypoglossi hielt die Pulsation an.

Aus der Analyse der Curve, welche man von der Katze Nr. 8 erhielt, ist leicht zu ersehen, dass Reizung des rechten peripheren Stumpfes des N. hypoglosso-vagi unterhalb der Narbe (Vagus) Herzstillstand nebst bedeutender Erhöhung des Seitendruckes hervorruft. Diese letztere Erscheinung findet wahrscheinlich durch Reflex auf das vasomotorische Centrum statt. Einen ebenso hemmenden Einfluss auf das Herz hat auch Reizung des zusammengewachsenen Nerven oberhalb der Narbe (Hypoglossus). Das Interessante dieses Versuches besteht noch darin, dass die Reizung des centralen Stumpfes des N. vagi an der linken Seite, gerade wie bei unbeschädigtem N. vagus der rechten Seite, einen sich durch Stillstand äussernden Reflex auf das Herz zur Folge hat.

Die Resultate, welche bei dem Experiment an dem Schweine Nr. 3 erhalten wurden, sind in mancher Hinsicht denjenigen ähnlich, die beim Bocke Nr. 4 erreicht wurden.

Die negativen Erscheinungen, bei dem Kaninchen Nr. 6, sind nicht minder belehrend. Aus denselben ist zu ersehen, dass nicht alle Fasern des Stammes des linken N. vagi degenerirt waren und dass sogar einer von seinen Zweigen, der N. recurrens, vollkommen erhalten blieb, aus welchem Grunde auch die Erstickungsanfälle nach Durchschneidung des rechten N. vagi fehlten.

Die Analyse der Anfälle, welche bei der Katze Nr. 16 und dem Schafbocke Nr. 2 auf Reizung des N. vago-hypoglossi auftraten, lässt positive Folgerungen zu, in Bezug auf die Leitungsfähigkeit der Erregung, den vereinigten Nerven entlang, von dem centralen Stumpf (Vagus) nach der Peripherie hin.

Nächst den experimentellen Untersuchungen muss auch die functio-

nelle Zerrüttung erwogen werden, welche die Thiere nach den an ihnen vollführten Operationen erlitten haben.

Zuerst treten die individuellen Eigenschaften in jedem einzelnen Falle auf. Ungleichmässige Vertheilung der Functionen unter identischen Nerven ist nicht nur bei Thieren verschiedener Gattungen oder verschiedenen Alters zu bemerken, sondern Individua derselben Familie, desselben Geschlechts und desselben Alters bieten öfters Mannigfaltigkeit in der Leistung des Nervensystems. In dieser Hinsicht giebt der N. vagus auffallende Beispiele, öfters praedominirt seine Function nur an der einen Seite. In meinen Experimenten gab es Fälle, wo bei physiologischer Prüfung des N. vagus der einen Seite derselbe alle ihm eigenthümlichen Erscheinungen darbot, während der andere Vagus desselben Individuums ganz indifferent gegen allerlei Manipulationen blieb. Dies ist der Grund, warum die Versuche über Zusammenwachsen der Nerven verschiedener Functionen mit so vielen Schwierigkeiten verbunden sind und selten vollkommen gelingen. Zu der Operation der einen oder der anderen Seite schreitend, können wir noch nicht im Voraus wissen, mit welchen Sonderheiten des gegebenen Falles wir es zu thun haben werden. Solche Unbequemlichkeiten sind besonders während secundärer Operationen fühlbar, indem die Thiere entweder gleich darauf sterben oder auf längere oder kürzere Zeit am Leben bleiben. Folglich ist das Ergebniss in jedem einzelnen Falle unbestimmt und der Experimentator muss eine Menge Beobachtungen und eine gehörige Dosis von Geduld besitzen, um bestimmte Resultate zu gewinnen.

Aus den vorhandenen Protocollen ist zu ersehen, dass ein rascher Tod bei secundären Operationen meistens durch Lähmung des N. recurrens, welcher in dem gegebenen Falle vorherrschte (s. Katze Nr. 4, Kaninchen Nr. 4), eintrat, und deshalb hatte die Lähmung dieses Nervens wahrscheinlich Erstickung, wegen Versperrung der Stimmritze durch die geschwächten Stimmbänder, zur Folge. Diese Muthmaassung wurde durch Control-Experimente mit einem Tracheotomrohr (Kaninchen Nr. 6), nach dessen Einführung das Thier am Leben blieb, bestätigt; ausserdem wurde bei dem Kaninchen Nr. 4 der N. recurrens der primär operirten Seite degenerirt gefunden. Wenn ein Thier mit zusammengewachsenen N. hypoglosso-vagus nach Resection des N. vagi der anderen Seite nicht gleich darauf, sondern einige Zeit später starb, so hing dies hauptsächlich von den pathologischen Veränderungen ab, welche in den inneren Organen stattgefunden hatten. Meistentheils wurde Anaemie und Entkräftung beobachtet, zu welchem sich noch Lungentuberkel oder Fettdegeneration der Herzmuskeln oder beides zugleich (öfters bei Katzen) hinzugesellten.

Lähmung des Darmtractus äusserte sich hauptsächlich in vollkommener

Atonie seiner Wände, weshalb die Retention der Speisen und der Fäcalmassen die Verdauung unmöglich machte.

Alle diese Fälle waren, wie sich dies nun herausstellt, in engem Zusammenhang mit der Degeneration derjenigen Fasern des N. vagus, welche das Darmrohr versehen. Bei Anaemie, Entkräftung und Fettdegeneration des Herzens wurden die Herz- und Lungenzweige degenerirt gefunden, dementsprechend sich auch die Erscheinungen während des Lebens — anfänglich in bedeutender Verstärkung der Herzthätigkeit, nachher in Lähmung derselben (Kaninchen Nr. 10, Böckchen Nr. 2) aussprachen. Manchmal verliefen solche Anfälle am Herzen sehr stürmisch und dann ging das Thier sehr bald an Lungenentzündung und Wassersucht zu Grunde.

Ohne Zweifel waren alle diese Symptome und deren Ausgang durch die Lähmung der hemmenden Fasern des Herzens oder der Vasomotoren der Lunge hervorgerufen und je nach der Zahl der durch den Erkrankungsprocess ergriffenen Fasern hatten die Erscheinungen einen acuten oder chronischen Verlauf. Darmkrankheiten scheinen die Thiere länger zu ertragen (Kaninchen Nr. 3, Bock Nr. 5), wahrscheinlich aus dem Grunde, dass zur Weiterbeförderung der Speise auch die Bauchpresse behülflich ist. Als Bestätigung dieses kann der Bock Nr. 5 dienen, auf den die Massage einen zweckmässigen Einfluss hatte. Wenn aber bei solchen Thieren ausserdem noch erschwerte Schluckbewegungen bemerkbar waren, so erfolgte der Tod bald, da das Thier (während des fieberhaften Zustandes) auch keine Flüssigkeit zu sich nahm. Nahrhafte Klystiere hatten in diesen Fällen auch keinen Erfolg.

Obgleich die Zahl der gelungenen Experimente über Zusammenwachsen des centralen Stumpfes des N. vagus mit dem peripheren des N. hypoglossus vergleichsweise nicht gross ist, so sind doch die in dieser Arbeit angeführten ihrem Erfolge nach überzeugend genug. Lähmung der Zunge, eines für die Verdauung so wichtigen Organes, äusserte sich sofort durch deren mangelhafte Thätigkeit und in Fällen, wo die primäre Operation nicht gelungen war, führte die Resection des N. hypoglossus der anderen Seite unvermeidlich zum Hungertode des Thieres (Katze Nr. 12, Kaninchen Nr. 7, Bock Nr. 5). Bei günstigem Ausgang der secundären Operation wird nur eine unbedeutende Verziehung der Zunge nach der Seite der verwachsenen Nerven bemerkt (Katze Nr. 16, Schafbock Nr. 3 und Ziegenbock Nr. 5) und die Bewegungen derselben sind etwas langsam, aber bei dem Ziegenbocke Nr. 3 liess sich weder das eine, noch das andere bemerken.

Man kann voraussetzen, dass die Intensität der letzteren Erscheinung von dem Grade des in den verwachsenen Nerven wieder hergestellten Tonus

abhängt, der seinerseits durch die grössere oder kleinere Zahl der Nervenfasern, welche am Zusammenwachsen theilgenommen, bedingt wird. Dasselbe gilt auch in Bezug auf diejenigen Erkrankungssymptome, welche dem Thiere durch die secundäre Operation — Resection des N. vagus bei zusammengewachsenem centralem N. hypoglossus mit dem peripheren N. vagus — zugefügt werden. Hier deuten die pathologo-anatomischen Data wieder auf ein Leiden hauptsächlich derjenigen Organe, deren Nervenfasern, die dem Stamme des N. vagus angehören, ganz oder zum grössten Theil degenerirt sind.

Aus solchen Ergebnissen ist die directe Folge zu ziehen, dass in allen oben angeführten Fällen der Nervenoperation kein einziges Mal vollkommenes Zusammenwachsen aller Fasern der zwei entgegengesetzten Stümpfe stattgefunden habe. Besonders treten solche ungünstige Resultate von unvollkommenem Zusammenwachsen des centralen Stumpfes des N. hypoglossus mit dem peripheren des N. vagus hervor, denn dieser letztere Stumpf enthält Nervenfasern, welche nicht nur in functioneller Hinsicht sehr verschiedenen, sondern auch für die Lebensverrichtungen des Thieres sehr wichtigen Organen angehören; deswegen äussert sich jeder Mangel, die Degeneration des scheinbar unbedeutendsten Nervenbündels, durch wichtige Functionsstörung. Nun ist es im höchsten Grade schwer, zu erreichen, dass alle Bedingungen sich vollkommen günstig für das Zusammenwachsen aller Fasern des einen Stumpfes mit denen des anderen gestalten und dass nicht vielmehr ein, wenn auch unbedeutender Theil von Fasern zu Grunde gehe. Deshalb ist es wegen der Unzweideutigkeit der Resultate, wie auch wegen der Mehrzahl der günstigen Erfolge bequemer, den peripheren Stumpf des N. hypogl. mit dem centralen des N. vagus zusammenwachsen zu lassen. In der That hat auch der periphere Stumpf des N. hypogl. nur ein einziges Organ, den Muskelapparat der Zunge zu beherrschen und deshalb ertragen die Thiere bei günstigem Zusammenwachsen (Centr. N. vagus mit dem peripheren N. hypoglossus) die secundäre Operation verhältnissmässig leicht und einige von ihnen leben bei mir bis heute noch (den dritten Monat Schafbock Nr. 3, Ziegenbock Nr. 5). Im Zusammenhang mit der Functionsstörung der Nerven scheint auch ihr trophischer Einfluss zu stehen. Die Zunge wird an der Seite des resecirten N. hypogl. schrundig, rissig, unterliegt einer Ulceration und wird nekrotisch, aber die entgegengesetzte Seite, welche dem zusammengewachsenen centralen N. vagus und peripheren N. hypoglossus entspricht, bleibt ganz normal, wie dies bei den Ziegenböcken Nr. 3 und 5 zu sehen ist. Gleichzeitig stellt es sich heraus, dass die zusammengewachsenen Nerven der einen Seite nicht vicariren und die Mängel der anderen Seite ersetzen können, so dass die Thiere mit zusammengewachsenem N. vago-hypoglossus der einen Seite und resecirtem

N. hypoglossus der anderen zuletzt doch an Entkräftung wegen einseitiger Lähmung der Zunge sterben. Nur tritt der Tod in diesen Fällen nach Verlauf von einigen Monaten ein.

Alle oben mitgetheilten Thatsachen resumirend, ist man im Stande, ohne Mühe die Schlussfolgerungen zu ziehen, welche man folgendermaassen formuliren kann: bei gelungenem Zusammenwachsen der Nerven verschiedener Functionen behalten deren periphere Organe alle ihre Verrichtungen, wie zuvor.

Nun wirft sich selbstverständlich die Frage auf, wie man diese Ergebnisse erklären soll? Zuerst kommt man natürlich auf den Gedanken, ob in diesen Fällen nicht eine Einmischung anderer Nerven vorhanden ist, welche entsprechend vicariren und bei einiger Uebung in der Erregungsleitung die Erscheinungen trüben. Eine Antwort auf dergleichen Fragen muss man selbstverständlich für jeden gegebenen Fall in den anatomischen und physiologischen Daten suchen. So z. B. wenn das Zusammenwachsen des centralen Stumpfes des N. hypoglossus mit dem peripheren des N. vagus eben solche Innervationserscheinungen giebt, wie Reizung des ganzen Vagus, obgleich der N. vagus der anderen Seite resecirt ist, so muss man suchen, welche Nerven noch ausser dem Vagus dessen Functionen übernehmen können, Dank ihrer anatomischen Ausbreitung.

Das anatomische Bild derjenigen Organe, wo sich der N. vagus verzweigt, wird noch durch die im Stamme des sympathischen Nerven verlaufenden und mit demselben Nervennetze und -Verflechtungen bildenden Fasern ergänzt. Aber die bekannte physiologische Bedeutung des sympathischen Nerven für die Organe, welche zu gleicher Zeit auch von dem N. vagus innervirt werden, sowohl als die in den oben angeführten Experimenten hervorgehobenen Erscheinungen, geben nicht die geringste Veranlassung, einen vicarirenden Einfluss der Nn. sympathici bei Mangel des N. vagus vorauszusetzen. Gerade im Gegentheil da, wo der N. sympathicus sich selbst überlassen war, liess sich desto schroffer sein von der Thätigkeit des N. vagus sich ganz unterscheidender Einfluss auf das Herz und die Lungen erkennen. Zum Beispiel in den Fällen, wo nicht alle Fasern des N. vagus am Zusammenwachsen Theil genommen hatten, wurde meistentheils Entkräftung und Anaemie beobachtet.

Was die Nerven anbetrifft, welche die Zunge versehen, so können wir die bekannten anatomischen Angaben benutzen, welche ganz bestimmt den N. hypoglossus als einzigen Muskelnerven der Zunge nachgewiesen haben.

Der N. lingualis (der Zweig des fünften Paares) anastomosirt zwar in

manchen Gebieten mit dem N. hypoglossus,[1] aber nur so weit, als er die Dicke der Zunge passirend, sie sogleich von dem Hypoglossus trennt, um die Richtung nach der Schleimhaut der Zunge einzuschlagen. Solchen Verlauf der Zweige des N. lingualis berücksichtigend, ist es ohne Mühe zu begreifen, warum Vulpian und Philipeaux[2] Contractionen der Zunge bei Reizung des peripheren Stumpfes des N. lingualis bekamen, während der N. hypoglossus dieser Seite exstirpirt war. Diese Erscheinung kann nach Analogie von du Bois-Reymond's „paradoxer Zuckung" leicht als Erregung von einem Nerven aus, welcher sich in elektrotonischem Zustande befindet, erklärt werden. Noch weniger kann man an eine Beeinflussung des neunten Paares der Schädelnerven auf die Bewegungsfähigkeit der Zunge denken.

Der N. glossopharyngeus nähert sich nur durch einen seiner Zweige, den R. lingualis, der Zunge und, indem er sich in der Schleimhaut der Zungenwurzel, des weichen Gaumens, der Gaumenbögen und des Kehlkopfs (der vorderen Seite) vertheilt, verzweigt er sich in den Papillae circumvallatae.[3] Obgleich dies ein gemischter Nerv ist, wie das einige Anatomen (Arnold, Müller) behaupten, so erreichen doch die an ihn sich anschliessenden Fasern des Gesichtsnerven (Hyrtl) die Zunge nicht, sondern versehen nur die Muskeln des Kehlkopfes. Ausserdem enthält nach den Untersuchungen von Remak der R. lingualis N. glossopharyngei in seinen Zweigen Nervenknoten und versieht ausschliesslich nur Schleimhäute. Auf Grund aller dieser anatomischen Angaben wird der R. lingualis von den Physiologen und Anatomen[4] zu den rein sensiblen Nerven zugezählt.

Um sich endlich noch mehr zu überzeugen, dass andere Nerven in die Bewegungssphaere der Zunge nicht eingreifen, welche in den angeführten Experimenten ausschliesslich nur vom Vago-hypoglossus innervirt wird, muss man auf die Versuche mit der Katze Nr. 16 und dem Ziegenbocke Nr. 3 Rücksicht nehmen. In diesen Experimenten äusserte die Zunge nach Durchschneidung des Vago-Hypoglossus keine activen Bewegungen mehr und gehorchte dem Willen des Thieres nicht. Auf diese Weise kann man behaupten, dass in den vorliegenden Experimenten nur der zusammengewachsene centrale Stumpf des N. vagus mit dem peripheren des N. hypoglossus Urheber der Bewegungen der Zunge war.

Ausser solchen Voraussetzungen hinsichtlich der möglichen Leitung der Innervation durch andere Nervenbahnen könnte man noch eine mögliche

---

[1] *Dies Archiv.* 1852. Remak, Hyrtl, Aebi.
[2] A. a. O.
[3] Arnold, Müller, Reid, Lange, Valentin und Hyrtl.
[4] C. Vogt, Ueber die Function des N. lingualis. *Dies Archiv.* 1840.

Wiederherstellung der resecirten oder der beim Zusammenwachsen nicht betheiligten Nervenstümpfe zugeben. Aber die ausgeführten Autopsien und die genaueren anatomischen makro- und mikroskopischen Untersuchungen schliessen die Möglichkeit der letzteren Voraussetzung vollkommen aus.

Alles bis jetzt Gesagte betrifft die factische Seite der Sache und es erübrigt mir nur noch die durch meine Versuche erhaltenen Data zu deuten und von meinem Standpunkte aus zu beleuchten. Den hauptsächlichen physiologischen Sinn der erhaltenen Resultate kann man in folgendem Satze ausdrücken: die centralen Nervenapparate können Organe, die sonst zu ihnen nicht hingehören, innerviren, sobald sie mit letzteren durch nervöse Leiter verbunden werden; und auch umgekehrt können periphere Organe Impulse von Nervencentren erhalten, deren Innervation sie nicht angehören. In der That ist aus den angeführten Versuchen zu ersehen, dass das Centrum des N. hypoglossus periphere Organe innervirt, welche für gewöhnlich von dem Centrum des N. vagus beherrscht werden und umgekehrt innervirt der N. vagus die Zunge. Dieser Satz, wenn er noch ein wenig weiter entwickelt werden sollte, könnte meiner Anschauung nach zur Lösung des Problems, welches jetzt gerade so viele Physiologen beschäftigt, des Problems der Localisation der Nervencentren, viel beitragen.

Munk,[1] Ferrier, Corvill, Duré und Andere exstirpirten verschiedene Bezirke der Hirnrinde und suchten aus den dabei erhaltenen Functionsstörungen den Sitz der Nervencentra genauer zu localisiren. Sie theilten auf diese Weise die Rinde des Schädelmarks in Regionen, welche verschiedenen Verrichtungen entsprechen und mit dem einen oder dem anderen peripheren Organ verbunden sein sollen. In diesen Regionen oder Sphaeren (nach Munk) unterscheiden sie centrale und periphere Punkte. Wenn man centrale Punkte exstirpirt, so entstehen schwerere und mehr complicirte Functionsstörungen; wenn z. B. dies in der Sehsphaere geschieht, so erblindet das Thier; Entfernung der peripheren Punkte führt eine schwächere Störung der Sehkraft herbei. Wenn man dann nach einer jeden solchen Operation das Thier wieder zu sich kommen lässt, so stellt sich die verlorene Function allmählich wieder her, und das Thier wird wieder so, wie es vor der Operation war. Hierbei ist beobachtet worden, dass Wiederherstellung der Functionen in umgekehrter Reihenfolge geschieht, d. h. es kehren zuerst die einfacheren Functionen wieder und hernach die complicirteren, so dass ein solches Thier einem neugeborenen ähnlich ist; es

[1] *Ueber die Functionen der Grosshirnrinde.* Berlin 1881.

erkennt die Gegenstände anfänglich nicht, und nur durch Uebung wird es wiederum mit der Umgebung bekannt. Nur Vernichtung grosser Regionen Hirnrinde und gleichzeitig auf beiden Hälften benimmt die Möglichkeit der Wiederherstellung der verlorenen Functionen. Folglich dürfen wir mit Recht aus allen diesen Erscheinungen, welche von den Verfassern angeführt werden, schliessen, dass ein jeder Punkt irgend welcher Sphaere im Stande ist, durch Uebung die Leistung eines fehlenden benachbarten Punktes zu übernehmen. Nun taucht die Frage auf, ob alle Punkte des einen Nervencentrums alle Functionen eines anderen einzelnen Centrums übernehmen können, oder ob nicht vielmehr ein jedes Nervencentrum im Voraus nur an eine bestimmte Function gefesselt ist? Mittels Exstirpation der Theile der Hirnrinde wird dies wohl schwerlich jemals zu bestimmen sein. Jede Verletzung des Markes hat eine Entzündungsreaction zur Folge, deren Grösse weder vorauszusehen noch zu begrenzen ist, und dieser Umstand bedingt seinerseits Nebenerscheinungen, welche den wahren Sinn des Versuches vollkommen maskiren. Schon die Methode selbst der Entfernung bestimmter Regionen Hirnrinde kann in keinem Fall für ihre Genauigkeit — dass gerade das, und kein anderes Centrum, und gerade von der und von keiner anderen Grösse von der Oberfläche des Grosshirns entfernt ist, garantiren. Um desto weniger Garantie für ihre Zuverlässigkeit bieten die nach wiederholten Exstirpationen des Markes enthaltenen Resultate, wenn nämlich die vorhergegangenen Verletzungen schon vernarbt sind. Es ist schwer und fast unglaublich dass die Region des Entzündungsprocesses und der darauf entstandenen Narbe genau mit der Grösse der Verletzung zusammentreffe. In jedem einzelnen Fall kann man voraussetzen, dass der pathologische Process auch benachbarte gesunde und mit einander eng und organisch verbundene Stellen der Hirnrinde ergreift. Mir scheint nun, dass die von mir vorgelegten Experimente in dieser Hinsicht einen nicht unwichtigen Dienst leisten können. In der That, wir verbinden hier, die Nervencentra ganz in Ruhe lassend, dieselben nur mit peripheren Organen, deren Innervation ihnen nicht zukommt, und beobachten, wie diese Centra gegen die Peripherie sich verhalten. Der Einwand, den man gegen diese Versuchsmethode erheben könnte, wäre nun folgender: da die verschiedenen Nervencentra durch Associationsfasern mit einander verknüpft sind, so wäre es wohl möglich, dass das frühere Centrum weiter functionirt, aber nur vermittelst desjenigen, mit welchem seine peripheren Organe in directer Verbindung stehen. Aber dieser Einwand vermindert in keinem Fall die Kraft des oben ausgesprochenen Satzes. Sei es direct oder indirect — so bekommt man doch ein und dasselbe Resultat: die Nervencentra werden durch Uebung gerade das leisten, was von ihnen die peripheren Organe, mit welchen sie verbunden sind, verlangen.

Zur Erklärung der von uns erhaltenen Thatsachen könnte wohl die Voraussetzung wenig beitragen, dass der lange Zeitraum, welcher zwischen der primären und secundären Nervenoperation verstrichen ist, genügend sei, damit die Nervencentra sich umwandeln und den Anforderungen der peripheren Organe entsprechend functioniren. Eine solche Hypothese spräche zu Gunsten unseres Satzes; doch ist sie keineswegs der wissenschaftlichen Kritik gegenüber stichhaltig. Um im Voraus zu bestimmen, worin solche Degenerationen und Umgestaltungen der Nervencentra bestehen, müssten wir über ein gewisses Kriterium verfügen, welches wir bis jetzt noch nicht besitzen.[1] Die Physiologie der Nervenelemente, welche die Markrinde bilden, hat bis jetzt keine charakteristischen Merkmale weder für ihre Form, noch für ihre Grösse und ihre Häufigkeit aufgewiesen; die vorhandenen anatomischen Angaben sind in functioneller Hinsicht gar nicht bestimmt. Die Riesenzellen in dem paracentralen Läppchen, welche zur Zeit der Bekanntmachung der Versuche von Fritsch und Hitzig in der Litteratur eine gewisse Rolle als motorische Zellen spielten, haben ihre physiologische Bedeutung, welche ihnen zugeschrieben wurde, verloren, seitdem unparteiische Untersucher auf eben solche Riesenzellen hindeuteten, welche auch in anderen Regionen (Bulbus olfactorius, Retina) liegen und mit der Bewegungssphaere nichts gemein haben. Also wären die Behauptungen über vorhandensein sollende Degeneration in den Nervencentren zum mindesten problematisch und auf solchem Wege wäre es kaum möglich, zu ernsten Folgerungen zu gelangen. Doch folgt aus alledem bis jetzt Gesagten noch nicht, dass die Lehre von der Localisation der Nervencentra ganz verworfen und statt deren die Doctrin von Flourens acceptirt werden sollte, nach welcher die Function der beiden Hälften des Grosshirns ganz aequivalent mit einander seien und ein jeder Theil derselben einen anderen ersetzen könne. Hier soll nur die Ueberzeugung ausgesprochen werden, dass die Localisation der Functionen keine stabile und an bestimmte Regionen der Hirnrinde unabänderlich gebunden sei. Die Vertheilung der Functionen in der Hirnrinde hängt von äusseren Einflüssen ab und die Localisationskarte der Nervencentra wird durch die von der Peripherie ausgehenden Reize bedingt; so dass je nach der Aenderung der letzteren sich auch die Nervencentra entsprechend differenciren. Erblichkeit hat zweifellos in jedem einzelnen Falle ihre Bedeutung; es muss aber berücksichtigt werden, dass, wenn auch die Lebenslänge eines einzelnen Individuums nicht aus-

[1] Von einigen der operirten Thiere wurden mikroskopische Praeparate des Vagus- und Hypoglossuskerns angefertigt; es konnten aber daselbst keine Veränderungen nachgewiesen werden.

[2] Obersteiner, Golgi, *Biologisches Centralblatt.* October 1882. S. 15.

[3] A. a. O.

reicht, damit alle Erreger, denen es unterworfen war, ganz scharf auf den Centralapparat einzuwirken, doch die folgenden Geschlechter, unter dem Einfluss derselben Erreger bereits bestimmte Abänderungen erfahren, welche der Localisation der Functionscentra eine ganz andere Gestalt ertheilen, der-Art, dass letztere von der der Vorfahren um ein Bedeutendes differiren kann.

Ausser der Kraft und der Eigenschaft der äusseren Reize sind noch Organe nöthig, welche diese Reize empfangen; und je vollkommener diese Empfänger sind, desto stärker und vollkommener wird die Kraft des Reizes ausfallen. Mit einem Worte, die Erziehung der peripheren Organe kann auf die Entwickelung und Bildung der intellectuellen Sphaere grossen Einfluss ausüben.

Bei diesen kurzen Folgerungen mache ich Halt, da der empirische Charakter dieser Arbeit es mir verbietet den Rahmen des Thatsächlichen zu überschreiten, ich will aber hoffen, dass die Data, welche ich auf experimentellem Wege erhalten habe einen Fingerzeig abgeben, worauf unter Anderem die Erziehung der zukünftigen Generation hingeleitet werden müsse.

Ich halte es zum Schluss für eine angenehme Pflicht, meinem hochverehrten Lehrer, Hrn. Prof. Tomsa, meinen innigsten Dank für die Theilnahme auszusprechen, die er mir bei meinen Arbeiten an den Tag gelegt hat.

Verhandlungen der physiologischen Gesellschaft zu Berlin.

Jahrgang 1884—85.

VI. Sitzung am 30. Januar 1885.[1]

Hr. Dr. von Monakow (a. G.) hielt den angekündigten Vortrag: „Einiges über die Ursprungscentren des N. opticus und über die Verbindungen derselben mit der Sehsphäre."

Der Vortragende hat über den histologischen Ursprung des N. opticus und über die Beziehungen der primären Opticuscentren zur Grosshirnrinde an Thieren (Kaninchen, Katze) und am Menschen Untersuchungen angestellt, und zwar bei jenen mittels der v. Gudden'schen Methode (operative Eingriffe im Gebiet des peripheren und centralen Nervensystems an neugeborenen Thieren und Studium der dadurch gesetzten secundären Atrophien), bei diesem durch Studium von pathologischen Praeparaten. Er kam dabei zu folgenden, zum Theil schon an anderen Orten[2] publicirten Resultaten.

Im Corp. gen. ext. und Pulvinar des Kaninchens und der Katze entspringen die Fasern des N. opticus nachweisbar nur aus den lateralen und caudalen Partien, resp. aus der Randzone, und zwar nicht direct aus Ganglienzellen, sondern aus der gelatinösen Grundsubstanz, welche nach Enucleation eines Bulb. oculi in erheblichen Grade schwindet; durch Wegfall dieser Substanz werden die zelligen Elemente, die im Uebrigen keine deutlichen pathologischen Veränderungen zeigen, etwas blasig aufgetrieben. Im vorderen Zweihügel geben dagegen die sternförmigen Ganglienzellen kleinen und mittleren Calibers in der oberen und unteren Abtheilung des „oberflächlichen Grau's" (Tartuferi, Ganser) dem Sehnerven Ursprung, womit aber ihre Bedeutung nicht erschöpft wird, denn ein nicht unerheblicher Theil derselben bleibt nach Enucleation eines Bulb. oculi von der Atrophie ganz verschont. — Schnittpraeparate durch die entsprechende Hirnregion eines seit Jahren an beiderseitigen totalen Opticusatrophie leidenden Paralytikers bestätigten auch für den

---

[1] Ausgegeben am 6. März 1885.

[2] *Archiv für Psychiatrie.* Bd. XII, XIV u. XVI; — *Soixante-sixième Session de la Société helvétique des Sciences naturelles.* p. 81.

Menschen die auf experimentellem Wege eruirten Ursprungsverhältnisse des N. opticus; in diesem Falle war aber auch eine Reihe von Ganglienzellen im Corp. gen. ext. und in der Randzone des Pulvinar erheblich degenerirt.

Das Corp. gen. ext., das Pulvinar und der vordere Zweihügel werden in ihrer Entwickelung auch intensiv beeinträchtigt, resp. atrophiren hochgradig, nach Wegnahme der sogenannten Sehsphaere (Munk), während Abtragung anderer Rindenregionen für die Entwickelung jener Gebilde ohne Einfluss bleibt. Der Operationserfolg nach diesem Eingriff ist aber insofern verschieden von dem nach Enucleation eines Bulb. oculi, als jetzt im Corp. gen. ext. und Pulvinar der operirten Seite die Ganglienzellen den Angriffspunkt des atrophischen Processes bilden, während die gelatinöse Substanz erst in zweiter Linie und in minder hohem Grade schwindet. Im vorderen Zweihügel scheint auch nach diesem Eingriff „das oberflächliche Grau" zu atrophiren, hier lässt sich aber eine feinere Umgrenzung der atrophischen Elemente nicht vornehmen; das „oberflächliche Mark" bleibt indessen ziemlich normal, dagegen zeigt das „mittlere Mark" (Ganser) einen beträchtlichen Faserausfall.

Es lässt sich aber zwischen dem peripheren und centralen (Gratiolet-schen Fasern) optischen Faserabschnitt ein Zusammenhang nachweisen, indem nach Abtragung der Sehsphaere (vor Allem bei der Katze) neben den Ganglienzellen im Corp. gen. ext. und Pulvinar auch die graue Grundsubstanz der lateralen Zone nebst einer Reihe von Sehnervenbündeln erheblich atrophirt. Im umgekehrten Falle (durch Enucleation eines Bulb. ocul.) gelingt es nicht, einen Faserschwund in den Gratiolet'schen Fasern zu erzeugen, wohl aber zeigen sich nach Durchtrennung letzterer (innerhalb der inneren Capsel) einerseits aufsteigende Atrophie, an der sich auch die Sehsphaere (3. und 5. Rindenschicht) betheiligt, andererseits annähernd dieselben Veränderungen, wie nach Wegnahme der Sehsphaere. Die optische Bahn in der Hemisphaere (durch die Gratiolet'schen Fasern in die Sehsphaere einstrahlend) empfängt also Fasern aus den obenerwähnten Elementen der primären Opticuscentren und indirect auch aus den eigentlichen Ursprungselementen der N. opticus; es ist somit die gesammte optische Bahn zweigliedrig (im Sinne Meynert's) angeordnet.

Werden aus der Sehsphaere partielle Abtragungen gemacht, dann ist der Operationserfolg ein entsprechender; es zeigen sich unter solchen Umständen partielle Atrophien in den primären Opticuscentren, und zwar in der Weise, dass nach Wegnahme der medialen Sehsphaerenpartie die lateralen, nach Wegnahme der lateralen Sehsphaerenpartie die medialen Abschnitte im Corp. gen. ext. von der Atrophie ergriffen werden. Das Pulvinar wird vorwiegend durch Abtragung der medialen, der vordere Zweihügel vorwiegend durch eine solche der lateralen Sehsphärenzone in der Entwickelung beeinträchtigt. Entsprechend diesen Befunden zeigte es sich an der Verlaufsrichtung der secundären Atrophie, in Uebereinstimmung mit den Versuchsresultaten des Hr. Munk, dass die mediale Sehsphaerenzone mehr zum gekreuzten, die laterale mehr zum ungekreuzten Opticusbündel in Beziehung steht (Versuche an Katzen).

Zum Schlusse berichtet der Vortragende über drei Fälle von encephalomalacischen Herden im Gebiete beider Hinterhauptslappen beim Menschen, in denen die optische Bahn erheblich absteigend degenerirte. In zweien dieser Fälle handelte es sich um doppelseitige symmetrische Erweichung vorwiegend in der Markstrahlung der primären Opticuscentren; neben letzteren waren auch beide Nn. optici partiell atrophisch. Im dritten Falle fand sich rechts, vor Allem im

Cuneus und Lobul. lingual., ein mehrere Jahre alter, beinahe ausschliesslich die Rinde betreffender encephalomalacischer Defect, von welchem aus eine Körnchenzellendegeneration durch die Gratiolet'schen Faserbündel bis zum Pulvinar und Corp. gen. ext. verfolgt werden konnte; von letzteren Gebilden aus zog die Degeneration weiter durch den r. Tractus und das Chiasma in beide Nn. optici und zwar derart, dass links das gekreuzte, rechts das ungekreuzte (lateral-dorsal liegende) Bündel isolirt ergriffen wurden. Der im linken temporo-occipitalen Marklager befindliche Herd war ziemlich frisch und hatte zu einer weitgehenden secundären Entartung nicht geführt.

Diese drei Fälle sprechen für Vorhandensein ganz ähnlicher Beziehungen zwischen Sehnerven, primären Opticuscentren und Sehsphäre auch beim Menschen, wie sie sich bei der Katze und beim Kaninchen nachweisen liessen. — Hierauf folgte die Demonstration der darauf bezüglichen Schnittpraeparate.

VII. Sitzung am 13. Februar 1885.[1]

Hr. W. UHTHOFF machte zwei physiologisch-optische Mittheilungen:

a) „Ueber das Verhältniss der Sehschärfe zur Beleuchtungsintensität."

Es zeigt sich in unserer neuesten ophthalmologischen Litteratur ein unverkennbares Streben, das Verhalten des Lichtsinnes des menschlichen Auges unter normalen und pathologischen Bedingungen, beim gesunden und beim kranken Auge genauer zu studiren und namentlich das abnorme Verhalten des Lichtsinnes bei einer Reihe von intraoculären Erkrankungen diagnostisch umfangreicher zu verwerthen. Ich erinnere hier nur an die jüngsten Arbeiten von Bjerrum, Bull, Samelsohn, Wolfberg, Treitel u. A. und an die Verhandlungen der ophthalmologischen Section auf dem letzten Kopenhagener Congress. Auf Anrathen des Hrn. Privatdocenten Dr. König, Assistenten am Berliner physikalischen Institut, habe ich es nun unternommen, eingehendere Versuche über das Verhältniss von Sehschärfe zur Beleuchtungsintensität anzustellen. Die Versuchsanordnung war eine thunlichst einfache. Auf einem 21 Meter langen absolut dunklem Corridor (die Versuche wurden Abends angestellt und das einzige Fenster mit Tapeten vernagelt) wurde die Prüfung der Sehschärfe bei einer kleinen gleichmässig brennenden Petroleumlampe, welche ungefähr eine Leuchtkraft von 4 Kerzen repraesentirte, angestellt. Die Lampe wurde unter ein schornsteinartiges, oben verschlossenes Blechrohr gestellt, welches nur an seiner Vorderfläche in Flammenhöhe einen kleinen mit einer Röhre versehenen Ausschnitt hatte, so dass das Licht der Lampenflamme nur durch diesen Ausschnitt nach vorn auf das zu untersuchende Probeobject fiel. Es wurden die Snellen'schen Hakentafeln für diese Versuche verwendet. Von jeder Nummer wurde eine in der Mitte eines grossen weissen Pappendeckels aufgeklebt und nun dieser Deckel wieder umgedreht und von Neuem hingehalten, so dass ein

---

[1] Ausgegeben am 6. März 1885.

Vorurtheil des Untersuchten möglichst vermieden wurde. Es wurde nun diese abgeblendete Lampe in nächster Nähe des Probeobjectes aufgestellt, so dass dasselbe ganz intensiv beleuchtet war und dann allmählich immer weiter entfernt in dem 21 Meter langen dunklem Corridor und bei jeder Entfernung die Sehschärfe des Untersuchten notirt. Die zuletzt noch nöthigen Abschwächungen der Beleuchtungsintensität wurden dann durch Vorsetzen von rauchgrauen Gläsern bestimmt, deren Lichtabsorptionsvermögen nachträglich auf photometrischem Wege bestimmt wurde. Mit dieser Abschwächung der Beleuchtungsintensität wurde dann so lange vorgegangen, bis der Untersuchte positiv Nichts mehr sah, als niedrigste Sehschärfe wurde der nach Sn CC in 10 cm mit der betreffenden Beleuchtungsintensität notirt. Die Resultate nun dieser Bestimmungen habe ich nach Vorschlag von Hrn. Dr. König in Form von Curven fixirt, eine Art der Aufzeichnung, die, glaube ich, gerade für diese Verhältnisse sich sehr empfiehlt und den Vortheil einer grossen Anschaulichkeit bietet. Untersucht wurden zunächt eine Reihe von normalen und physikalisch gebildeten Personen, denen die Begriffe von Ermüdung der Netzhaut, Nachbildern, Blendung, Adaptation u. s. w. geläufig waren und die dementsprechend alle hieraus resultirenden Fehlerquellen mit vollem Bewusstsein vermieden. Die Untersuchungen wurden sodann nicht nur im weissen, sondern auch im monochromatischen (farbigen) Licht angestellt und zwar wurde das rothe Licht benutzt, indem ein geeignetes rein rothes Glas vor die Lampenflamme gestellt ward, und das blaue, indem, nach Vorschlag des Hrn. Geh.-Rath v. Helmholtz, eine Lösung Kupferoxyd-Ammoniak benutzt wurde. Für weitere Farben wurden diese Versuche nicht angestellt, da es sehr schwer halten dürfte, für die übrigen Farben geeignete Gläser oder durchsichtige Lösungen zu finden, welche nur monochromatisches Licht durchlassen.

Die Curven von dem Verhältniss der Sehschärfe zur Beleuchtungsintensität für weisses Licht, wie sie nach oben beschriebenem Modus von sieben normalen Menschen gewonnen wurden, indem auf der Abscisse die Intensität, auf der Ordinate die Sehschärfe abgetragen ist, verrathen eine grosse Regelmässigkeit an sich und eine grosse Gleichmässigkeit unter einander. Bei den schwachen Intensitäten steigt die Sehschärfe enorm schnell an, um dann, wenn eine gewisse Intensität erreicht ist, nur noch langsam in die Höhe zu gehen. Bei der Intensität 1175, Lampe in 35 cm (die Lampe in 12 Meter Entfernung als Lichteinheit gesetzt), ist bei den meisten der Untersuchten die maximale Sehschärfe erreicht und eine weitere Steigerung der Intensität lässt die Sehschärfe nicht mehr anwachsen. Bei einigen der Untersuchten ist dieser Höhepunkt der Sehschärfe erst etwas später bei noch grösserer Beleuchtungsintensität erreicht, dann nimmt die Curve aber auch hier einen mit der Abscisse parallelen Verlauf. Hier auf der Höhe der Sehschärfe enden unsere Curven, unsere Beleuchtungsvorrichtungen reichten nicht aus, um zu constatiren, wie lange die Sehschärfe bei noch weiter zunehmender Beleuchtungsintensität sich auf derselben Höhe hält, und wann sie bei allzugreller Beleuchtung etwa wieder zu sinken anfängt. Diese Curven repraesentiren uns also einen Gesammtüberblick über das Verhältniss der Sehschärfe zur Beleuchtungsintensität am 0-Punkt bis zur höchsten Sehschärfe.

Ein Uebelstand tritt bei diesen so gezeichneten Curven bald zu Tage, bei den schwachen Intensitäten ist der Verlauf der Curven ein sehr steiler, und da die Intensität im umgekehrt quadratischen Verhältniss mit der Entfernung der Lampe wächst, so ist dies letzte Ende der Curven wenig geeignet (eben wegen

der zu geringen Vergrösserung) die Einzelheiten in Bezug auf das Zunehmen der Sehschärfe bei schwachen Beleuchtungsintensitäten zu illustriren. Ich habe daher im vergrösserten Maassstabe, namentlich für die Beleuchtungsintensität, die Anfangsstücke der Curven noch besonders gezeichnet und zwar auf einer Tafel das allererste Ende von Beleuchtungsintensität = 0 bis 0·41 und auf einer anderen die Stücke von der Intensität 0·0257 bis inclusive 6·12. Auch diese beiden Curventafeln illustriren, wie die grossen Curven, das verhältnissmässig schnelle Ansteigen bei den schwachen Intensitäten, nur eben in übersichtlicherer Weise.

Die Fortführung der Curven bis zum 0-Punkt der Intensität gehört entschieden zu dem interessantesten Theil dieser Untersuchungen. So z. B. die Bestimmung des numerischen Werthes der geringsten Beleuchtungsintensität, welche erforderlich ist, damit der Untersuchte noch gerade eine räumliche Wahrnehmung (Sn CC in 10 ^{cm}) machen kann. Wie colossal fallen auch schon beim normalen Auge hier die Differenzen aus. Dr. König z. B., einer der Untersuchten, übertraf, was das Sehen bei ganz schwacher Beleuchtungsintensität anbetrifft, uns Alle; er konnte noch bei einer Beleuchtungsintensität von 0·000276 (Lampe 12 ^{m} als Einheit) Sn CC in 10 ^{cm} erkennen. Er hatte also noch S = 0·001, wenn die Intensität der Beleuchtung nur den 4 257 246. Theil von der betrug (1175), welche seine Sehschärfe auf ihren Höhenpunkt brachte. Ich hatte noch S = 0·001, wenn die Intensität den 783 333. Theil der Intensität 1175 ausmachte, welche meine Sehschärfe bis auf den Höhepunkt brachte. Und doch war meine Sehschärfe eine höhere, als die des Dr. König und wuchs namentlich im schnelleren Verhältniss, als die des Dr. König bei zunehmender Intensität.

Bei einem anderen Collegen betrug die geringste Intensität der Beleuchtung, bei welcher er noch S = 0·001 hatte (also überhaupt etwas sah) den 342 565. Theil von Intensität 1175; dieser Beobachtete hatte übrigens auch noch nicht bei 1175 seine maximale Sehkraft erreicht, sondern erst bei einer etwas höheren Intensität. Es war dies übrigens ein College, der sich auch im gewöhnlichen Leben über hemeralopische Beschwerden Abends in der Dämmerung beklagte.

Reduciren wir unsere Lampe in 12 ^{m} auf 1 Kerze als Einheit, so muss dieselbe 6 ^{m} entfernt stehen. Und die Rechnung ergiebt uns hier für die beiden Extreme (Dr. König und Wallerstein), dass ersterer noch 0·001 S hat bei Beleuchtung mit 1 Kerze aus 363·6 ^{m} Entfernung und letzterer S = 0·001 bei 1 Kerze in 100·4 ^{m} Entfernung.

Die Zahlen können ja vielleicht keine absolute Gültigkeit beanspruchen, geben aber doch immer einen ungefähren Einblick in diese Verhältnisse. Sie finden dann noch neben den normalen Curven der grossen Tafel eine von einem ausgesprochenen Nyktalopen, welche uns zeigt, wie die Sehschärfe dieses Herrn bei einer schwachen Intensität unverhältnissmässig gut ist, besser als die beim normalen Menschen, wie sie aber später bei zunehmender wieder sinkt. Der betreffende Herr, ein Physiker von Fach, zeigte ophthalmoskopisch deutlichen Albinismus, Hyperopie = 2 D und $^{1}/_{6}$ S. Er war ferner total farbenblind, und ist seine Geschichte in Bezug auf den Farbensinn schon von Dr. König ausführlich beschrieben.

Wie schon erwähnt, wurden sodann diese Curven (von Sehschärfe und Intensität) bei den betreffenden Personen auch construirt, wenn die Sn-Probehaken auf weissem Grunde nicht durch weisses Licht, sondern durch monochromatisches (rothes und blaues) Licht beleuchtet waren. Es zeigt sich zu-

nächst wieder eine grosse Gleichartigkeit der Roth- und der Blaucurven je untereinander. Dagegen würde es fehlerhaft sein, die Roth- und Blaucurven mit einander vergleichen zu wollen, da die Intensität zu verschieden ist. Blaues Licht ist sehr wenig in der Petroleumflamme und daher auch hier das beleuchtete Feld sehr dunkel, aber der Verlauf der Blaucurven ist auch ein anderer, wie wenn durch rauchgraue Gläser die Intensität herabgesetzt wird. — Bei Beleuchtung der Probeobjecte mit rothem Licht (rothes Glas) ist die Intensität bedeutend grösser, da die Lampe verhältnissmässig viel rothe Strahlen enthält.

Wir haben hier bei zwei von uns Parallelcurven aufgestellt, wenn die Intensität durch rauchgraue Gläser abgedunkelt ist. Die Lampe wurde in 20 cm vom Object aufgestellt (Intensität = 3600) und jetzt die Sehschärfe aufgenommen, nachdem ein rothes Glas vorgesetzt. Jetzt wurde dann, nach Entfernung des rothen Glases ein derartiges rauchgraues Glas vorgesetzt, bis wir dieselbe Sehschärfe hatten, also bei der gleichen Lampendistanz. Deutlich zeigt sich dass der Verlauf durchaus nicht derselbe: die Sehschärfe bei den rauchgrauen Gläsern steigt rascher als bei der Beleuchtung mit rothem Licht, also die Intensität allein ist hier jedenfalls nicht maassgebend. Ich beschränke mich darauf, auf diese Thatsachen hinzuweisen, ohne weitere Schlüsse daraus zu ziehen.

Soviel über diesen Punkt. Lichtsinnmessungen im strengen Sinne des Wortes, d. h. Prüfung der Reizschwelle und Unterschiedsschwelle, stellen diese Untersuchungen nicht dar, sondern sie behandeln nur das Verhältniss von Sehschärfe zur Beleuchtungsintensität. Ich habe aber geglaubt, dass Untersuchungen über diese Verhältnisse und deren Ergebnisse in der Art, wie Dr. König mir vorgeschlagen, in Curvenform aufgezeichnet, ein gewisses Interesse beanspruchen dürfen.

b) „Demonstration einer neuen Vorrichtung zur Bestimmung des Winkels α bez. γ zwischen Gesichtslinien und der senkrecht durch den Hornhautscheitel gehenden Linie."

Schon auf dem letzten Heidelberger Congress hat der Vortragende über diese Methode, welche er nach Angabe des Hrn. Prof. Schöler und mit Hülfe des Hrn. Dr. König ausführte, kurz referirt, jedoch war damals Umstände halber die eigentliche Demonstration der Vorrichtung nicht möglich. Eine eingehende Beschreibung dieser Methode, von welcher in der heutigen Sitzung der physiologischen Gesellschaft eine kurze Darstellung gegeeen wurde, wird mit einer Abbildung der ganzen Vorrichtung noch an anderer Stelle erfolgen.

VIII. Sitzung am 27. Februar 1885.[1]

Hr. Busch hielt den angekündigten Vortrag: „Demonstration von zwei Knochenpraeparaten an denen mechanische Wachsthumsexperimente ausgeführt sind."

Die fraglichen Praeparate stammen von zwei Hunden grosser Race her, welche zur Zeit des Experiments noch das ganze Milchgebiss hatten bis auf

[1] Ausgegeben am 6. März 1885.

die mittleren Schneidezähne von Ober- und Unterkiefer, an deren Stelle soeben die bleibenden Zähne hervorgetreten waren. Die Hunde befanden sich also im Alter von 3 bis 4 Monaten. Der Zweck, welchen man bei dem hauptsächlichsten der mechanischen Wachsthumsexperimente, dem sogenannten Stiftversuch, erstrebt, besteht darin, Marken in bestimmt messbarer Entfernung in den Knochen zu legen, welche in genügender Weise fixirt sind, um keine selbständigen Ortsbewegungen auszuführen, so dass also ihre etwa im Laufe der Zeit zu Stande gekommene Entfernung nur so gedeutet werden kann, dass eben das Knochenstück, welches sich zwischen den Marken befindet, selbst an Grösse zugenommen haben muss. Um dieser Anforderung zu genügen, ist es, wie besonders von Ollier hervorgehoben wurde und jetzt allgemein anerkannt ist, erforderlich, dass die Marken die Oberfläche des Knochens nicht überragen, da sie sonst durch das im Laufe des Wachsthums sich über die Knochenoberfläche verschiebende Periost in einer Weise dislocirt werden können, welche mit dem Knochenwachsthum selbst nichts gemein hat. Selbstverständlich operirt man antiseptisch, um die Eiterung der Operationswunde auszuschliessen und das Knochenwachsthum nicht durch Entzündung zu beeinflussen.

Der erste Fall, in dem ich operirte, betrifft den Unterkiefer. An diesem Knochen lassen sich Nadeln oder Stifte als Marken nicht verwerthen, weil dieselben so tief in den Knochen eingeführt werden müssten, dass sie mit den im Kiefer verborgenen Keimen der bleibenden Zähne in Berührung träten und es könnte daher sehr wohl sein, dass durch die Verschiebung, welche diese Zähne im Verlaufe ihres eigenen Wachsthums gegen den Knochen erleiden, eine Verschiebung der Marken herbeigeführt würde, welche vom Knochenwachsthum unabhängig wäre. Die in den Unterkiefer eingelegten Marken dürfen daher die Dicke der Knochenrinde nicht überschreiten. Am geeignetsten für solche Marken erschienen mir die Körner des feinsten Schrotes, des sogenannten Vogeldunstes. Da nun diese Körner durchaus nicht alle genau dieselbe Grösse haben, so wurden dieselben durch die Löcher eines Zieheisens, wie dasselbe zum Drahtziehen gebraucht wird, genau auf ihre Grösse geprüft, und nur diejenigen Körner ausgewählt, welche sich bei dieser Probe als gleich gross ergaben. Es wurde ferner ein Bohrer gewählt, welcher gleichfalls dem betreffenden Loche des Zieheisens genau entsprach und es befanden sich somit die Schrotkörner in vollkommener Grössenübereinstimmung mit dem zur Verwendung kommenden Bohrer. Dann wurde der freie Rand des Unterkiefers an vier Stellen durch Einschnitte der bedeckenden Weichtheile freigelegt und zwar an zwei Stellen, welche zu beiden Seiten der mittleren Syndesmose sich befinden und an zwei möglichst weit rückwärts gegen den Angulus hin befindlichen Stellen. Nun wurde der Bohrer mittels der Morrison'schen Bohrmaschine senkrecht in den Kiefer eingebohrt, jedoch nur so tief, dass seine Spitze nicht über die Dicke der Knochenrinde herausdrang. Hierauf wurde die Blutung sorgfältig gestillt und nun vier Schrotkörner in diese Oeffnungen gelegt und in denselben mit einem Handstopfer festgedrückt. Hierauf wurde mit einem genauen mit Nonius versehenen Tastercirkel die Entfernung der Körner von Mitte zu Mitte derselben gemessen und zwar betrug:

die Entfernung der vorderen Marken von einander $1 \cdot 19$ cm,
die Entfernung der rechten vorderen von der rechten hinteren Marke $4 \cdot 97$cm,
die Entfernung der linken vorderen von der linken hinteren Marke $6 \cdot 62$cm,
die Entfernung der beiden hinteren Marken von einander $4 \cdot 79$ cm.

Durch diese vier Marken war somit ein grosses Viereck umspannt. Selbstverständlich blieb zu berücksichtigen, dass zwischen den zwei vorderen Marken sich eine Syndesmose befand, an welcher möglicher Weise Apposition neuer Knochensubstanz stattfinden konnte. Die Länge des Unterkiefers zur Zeit des Experiments, von der vorderen Spitze der Syndesmose bis zur hinteren Spitze des Winkels gemessen, betrug $11 \cdot 1$ cm. Diese Messung wurde mittels eines Bandmaasses über die bedeckenden Weichtheile hinfort ausgeführt und ist daher unzweifelhaft etwas zu gross ausgefallen. Während der ganzen Operation wurde mit 1 p. m. Sublimatlösung strenge Antisepsis ausgeführt. Die Wunden wurden genäht und heilten ohne Eiterung. In dem Befinden des Hundes trat auch nicht die geringste Störung ein.

Am 19. October 1884, 112 Tage nach der Operation, wurde der Hund getödtet. Die bleibenden Zähne sind jetzt sämmtlich hervorgetreten und die Länge des Unterkiefers beträgt an dem von allen Weichtheilen entblössten und herausgenommenen Knochen gemessen von der vorderen Spitze der Syndesmose bis zur hinteren Spitze des Winkels 16 cm. Der Unterkiefer war also um 5 cm gewachsen. An demselben ist äusserlich nicht die geringste pathologische Abweichung zu bemerken. Die Marke an der linken Seite der Syndesmose schimmert durch eine dünne bedeckende Knochenschicht hindurch und lässt sich durch einige Striche mit der Feile vollkommen freilegen. Die kleine Bleikugel liegt fest und ohne jede Reizung der Umgebung im Knochen eingebettet und selbst der zur Messung verwandte Eindruck an der Aussenfläche derselben ist noch deutlich zu erkennen. Von den drei anderen Marken ist nichts zu sehen.

Nach sehr starken Abfeilungen an den beiden Unterkieferwinkeln in der Dicke von $^1/_2$ cm Knochensubstanz gelingt es endlich die beiden hinteren Marken freizulegen. Dieselben liegen am Boden des Canalis inframaxillaris theilweise bereits in den Weichtheilen, welche diesen Canal ausfüllen, jedoch noch durch eine zarte Knochenplatte am Boden des Canals fixirt. Dagegen scheitern alle Versuche die rechte vordere Marke freizulegen. Es bleibt somit nichts anderes übrig als anzunehmen, dass sich dieselbe aus dem Bohrloch des Knochens gelöst hat, in die Weichtheile gelangt und dort verloren gegangen ist.

Die genaue Messung der beiden in der linken Unterkieferhälfte befindlichen Marken ergiebt $6 \cdot 62$ cm, also genau so viel als zur Zeit des Experiments, trotzdem der Knochen inzwischen um 5 cm gewachsen ist. Die Entfernung der beiden hinteren Marken beträgt $4 \cdot 56$ cm, also $0 \cdot 23$ cm weniger als zur Zeit des Experiments. Diese kleine Differenz kann darauf beruhen, dass die fibröse Zwischenmasse der Unterkiefersyndesmose durch Eintrocknung etwas an Dicke abgenommen hat.

Das Experiment hat also ergeben, dass ein Auseinanderrücken der Marken nicht stattgefunden hat. Der Umstand, dass die vordere Marke nur von einer dünnen Knochenlage bedeckt war, während die hinteren Marken von einer sehr dicken Knochenlage umhüllt waren, erklärt sich dadurch, dass die Apposition neuen Knochengewebes bekanntlich an den verschiedenen Knochenstellen in sehr verschiedenem Grade sich vollzieht. Auch aus anderen Beobachtungen weiss man, dass am Unterkiefer zu beiden Seiten der Syndesmose nur eine geringe Apposition stattfindet, während am Winkel die Apposition eine sehr beträchtliche ist, da eben der Unterkiefer fast ausschliesslich durch die Anlagerung neuer Knochenlagen an seinem hinteren Ende wächst. Die Wanderung der Schrotkörner von der Aussenfläche des Knochens bis zum Boden des Canals stellt den Flourens'schen Plättchenversuch in reiner Form dar.

Den zweiten Versuch stellte ich zu dem Zwecke an, um durch die Messung nachzuweisen, ob die Epiphysen der langen Röhrenknochen von der Gelenkknorpelseite her die Anlagerung der neuen Knochensubstanz enthalten, durch welche sie sich im Verlauf des Wachsthums vergrössern. Der Beantwortung dieser Frage stellen sich für die experimentelle Prüfung erhebliche Schwierigkeiten entgegen, weil es sich bei derselben nothwendiger Weise um viel kleinere Messungsabstände und selbst nach langer Wachsthumszeit um viel kleinere Differenzen handelt, als bei den Diaphysen. An einem einzelnen Knochen ist diese Frage überhaupt nicht zu prüfen und es ist dabei gleichgültig, ob derselbe eine oder zwei Epiphysen hat, sondern nur an den Epiphysen zweier durch ein Gelenk verbundener Knochen. Es kommt also hier darauf an in zwei solche Epiphysen zwei genau fixirte Marken zu legen und die Entfernung derselben über den Gelenkspalt hinfort in einer bestimmten Stellung des Gelenks auf's Genaueste zu messen. Ergiebt sich dann nach längerer Wachsthumszeit eine Zunahme dieser Entfernung, so wäre das ein Beweis dafür, dass unter den Gelenkknorpeln neue Knochensubstanz angelagert ist. Unter diesen Umständen ist es selbstverständlich, dass ein solches Experiment mit einiger Aussicht auf Erfolg nur an Thieren unternommen werden kann, die ein bedeutendes Wachsthum haben und auch bei diesen nur an solchen Epiphysen, die möglichst gross sind. Die einzigen Epiphysen, welche diesen Anforderungen entsprechen, sind die im Kniegelenk zusammenstossenden Epiphysen von Femur und Tibia, die ich in Folge dessen auch zur Ausführung wählte. Da bei diesem Experiment Alles auf genaueste Fixirung der Marken ankommt und in der Tiefe dieser Knochen keine mit selbständigem Wachsthum ausgestatteten Organe liegen, wie die Zähne im Unterkiefer, so wählte ich als Marken kleine Stecknadeln von 1 cm Länge. Ich verfuhr nun folgendermaassen: Unter strenger Antisepsis legte ich am 29. Juli 1884 bei dem zweiten Hunde die Innenfläche des rechten Kniegelenkes frei durch Durchschneidung der Haut, der Fascie und einer oberflächlichen Muskellage. Mehr zu durchschneiden war nicht gestattet, da sonst das Kniegelenk hätte eröffnet werden können. Die Epiphysen schimmerten jetzt durch die Gelenkbänder durch, jedoch ist es hierbei sehr schwer sich über die Grösse und Lage derselben zu vergewissern, besonders da die untere Epiphyse des Femur eine Zickzacklinie bildet. Mit einem sehr feinen, durch die Bohrmaschine getriebenen Bohrer bohrte ich nun vier Löcher senkrecht in den Knochen, in welche ich sofort die Stecknadeln einführte und sie durch den Druck mit einem Handstopfer bis auf die Knochenoberfläche herabdrückte. Ich hatte die Absicht eine Nadel möglichst dicht unter der Epiphysenlinie der Tibia einzulegen, eine Nadel in die Epiphyse der Tibia selbst, eine Nadel in die Epiphyse des Femur und eine Nadel möglichst dicht oberhalb der Epiphysenlinie des Femur.

Für die an das Experiment gestellte Frage waren allerdings nur die beiden in die Epiphysen gelegten Nadeln von Bedeutung, die anderen Nadeln legte ich nur ein, um über die Grösse der Knochenbildung an diesen beiden Epiphysenlinien Aufschluss zu erhalten. Bei der letzten Bohrung brach der Bohrer ab und blieb im Knochen stecken. Ich bohrte daher dicht daneben ein zweites Loch und führte in dieses die Nadel. Die Messung der Abstände ergab:

von der unteren Marke bis zu der darüber befindlichen 0·98 cm,
von dieser bis zur nächst höheren 2·64 cm,
von dieser bis zur obersten 1·63 cm.

Gemessen wurde in fast vollkommener Extensionsstellung des Kniegelenks. Die Tibia war zur Zeit des Experiments vom Spalt des Kniegelenks bis zur Spitze des inneren Knöchels 12·8 cm lang. Die Wunde heilte ohne Störung und der Hund befand sich andauernd wohl. Am 26. October 1884, also am 119. Tage nach der Operation, tödtete ich den Hund; die Tibia zeigte jetzt eine Länge von 19 cm, sie war also um 6·2 cm gewachsen. Das Kniegelenk war vollkommen intact. Von den eingelegten Marken fand sich in der Epiphyse der Tibia die Nadel so vor, dass ihr Kopf dicht unter dem Periost lag. Die unterhalb gelegte Nadel liegt jetzt mit ihrer Spitze 2·5 cm tiefer, der Oberfläche des Knochens parallel, in ganzer Ausdehnung vom Periost bedeckt. Am Femur findet sich in der Epiphyse überhaupt keine Nadel, dagegen liegt oberhalb derselben eine Nadel gleichfalls der Oberfläche des Knochens parallel vom Periost bedeckt. Die vierte Nadel wird überhaupt nicht mehr gefunden, dagegen befindet sich der abgebrochene Bohrer, dicht neben welchem die Nadel gesessen haben muss, in der hinteren Wand des Femur reizlos eingeheilt.

Der Zweck, zu welchem dieses Experiment ausgeführt wurde, ist nicht erreicht und zwar deshalb, weil die Nadel, welche in die Epiphyse des Femur gelegt werden sollte, nach dem Endergebniss unzweifelhaft dicht oberhalb der Epiphysenlinie gelegen hatte. Distancemessungen sind dementsprechend hier nicht zu machen. Als auffallendes Resultat des Experiments ist jedoch hervorzuheben, dass zwei Nadeln von 1 cm Länge, welche bei der Operation in senkrechte Bohrlöcher des Knochens eingelegt waren, nach 119 Tagen wagerecht an der Oberfläche des Knochens zwischen diesem und dem Periost gefunden wurden, während eine dritte ebenso eingelegte Nadel ganz verloren gegangen ist, und der abgebrochene Bohrer sich auf dem besten Wege befindet, gleichfalls in seiner ganzen Länge an die Oberfläche des Knochens zu gelangen. Die letzte Nadel dagegen liegt noch senkrecht im Knochen mit ihrem Kopf dicht unter dem Periost. Dieses Verhalten erklärt sich folgendermaassen. Die letzt genannte Nadel liegt eben in der Epiphyse der Tibia, an welcher im Verlauf des Wachsthums keine Resorption und eine nur geringe Apposition eintritt. Sie hat daher genau dieselbe Lage innegehalten, welche sie zur Zeit des Experiments hatte. Die anderen drei Nadeln, sowie der abgebrochene Bohrer lagen dagegen in der Diaphyse und zwar in demjenigen Theil derselben, welcher der Epiphysenlinie benachbart ist. In diesem Theil finden nun, wie man auch aus anderen Erfahrungen weiss, im Verlaufe des Wachsthums sehr lebhafte subperiostale Resorptionsprocesse statt, da dieser breite parepiphysäre Theil der Diaphyse später zum schlanken Knochenschaft wird. Daher kommt es, dass die senkrecht in den Knochen eingelegten Nadeln schliesslich wagerecht an die Oberfläche desselben gelangt sind.

Wenngleich somit dieses Experiment keine Antwort auf die an dasselbe gestellte Frage giebt, so führt es doch den Beweis, in wie grosser Ausdehnung Resorptionsprocesse in den parepiphysären Theilen der Diaphysen eintreten. Es liegt somit durchaus kein Widerspruch darin, wenn an einzelnen Knochenstellen eingelegte Marken im Verlaufe des Wachsthums von der Oberfläche in die Tiefe des Knochens wandern, während sie an anderen Knochenstellen ihre Wanderung aus der Tiefe an die Oberfläche vollziehen. Erstere Stellen sind eben Appositionsstellen, wie der Winkel des Unterkiefers, letztere dagegen Resorptionsstellen, wie die parepiphysären Theile der Diaphysen. Apposition und Resorption erklären somit auch diese Verhältnisse vollkommen genügend, und nichts deutet auf die

Mitbetheiligung interstitieller Knochenwachsthumsprocesse hin. Die experimentelle Prüfung der Frage des Epiphysenwachsthums werde ich im kommenden Frühjahr von Neuem aufnehmen.

Zum Schluss möchte ich noch zwei Bemerkungen von allgemeinerer Bedeutung machen. Man hat gesagt, es wäre auffallend, wenn das Knochengewebe in seiner Wachsthumsart eine Ausnahme von dem „Gesetz" machte, dass die thierischen Gewebe mit Ausnahme der Epithelialsubstanzen durch Interposition wachsen. Nun sind Gesetze eine schöne Sache, aber derjenige, der sie formulirt, ist der Mensch und, wenn er auffallende Ausnahmen von einem Verhalten, das er für gesetzmässig hält, vorfindet, so ist die erste Frage, die er sich zu stellen hat, diejenige, ob denn das „Gesetz", welches selbst nur wieder eine erkannte Regelmässigkeit in der Verknüpfung von Ursache und Wirkung ist, richtig formulirt ist. In der That lässt sich nun sehr leicht der Beweis führen, dass die obige Formulirung eine falsche ist. Das richtige Wachsthumsgesetz lautet vielmehr: Die harten Theile wachsen durch Anlagerung, die weichen Theile durch Einlagerung, und dieses Gesetz, welches bei Pflanzen und Thieren gleichmässig Anwendung findet, dürfte in der That keine Ausnahmen haben. Die einzige Frage, welche sich dann noch stellt, ist eben nur die nach dem Grade der Härte, welcher erforderlich ist, um den anderen Wachsthumsmodus zu bedingen. Da es nun bekanntlich in der Natur keine scharfen Grenzen giebt, sondern nur allmähliche Uebergänge, so ist auch hart und weich in diesem Sinne nicht scharf getrennt. Es ist sehr wohl möglich, dass ein Gewebe im weichen Jugendzustande interstitiell wächst und im reiferen Zustande appositionell. Es ist ebenso möglich, dass sich bei einem Gewebe mittlerer Consistenz beide Wachsthumsarten gleichzeitig vorfinden, wie es in der That bei dem hyalinen Knorpel der Fall ist, bei welchem theilweise an der Wucherungsgrenze unter dem Perichondrium eine Anlagerung neuer Substanz stattfindet, während in der Tiefe des Gewebes Wachsthumserscheinungen durch Interposition erfolgen. Schwalbe[1] hat dieses Verhalten am Knorpel vollkommen überzeugend dargelegt. Also hart und weich sind nicht durch eine scharfe Grenze getrennt und somit auch nicht Apposition und Interposition. Für den Knochen könnte jedoch die Eigenschaft der Weichheit höchstens für seine frühesten fötalen Zustande in Anspruch genommen werden. Ein Gewebe, welches 50 Procent Kalksalze und darüber in chemischer Verbindung mit seiner organischen Grundsubstanz führt, gehört längst zu den harten und kann dementsprechend auch nur durch Apposition wachsen, ebenso wie das Dentin und das Cement der Zähne, denen es in phylogenetischer und ontogenetischer Beziehung am nächsten steht.

Ein zweiter Einwurf, der gegen den appositionellen Wachsthumsmodus des Knochengewebes erhoben ist, gründet sich auf den Gehalt des Knochengewebes an Blutgefässen. Man hat gesagt: nur die gefässlosen Gewebe wachsen appositionell, die höher organisirten gefässhaltigen Gewebe dagegen wachsen interstitiell. Auch diese Auffassung muss als unbegründet zurückgewiesen werden. Die Gewebe auf den ersten Stufen der phylogenetischen sowie der ontogenetischen Entwickelung entbehren alle der Blutgefässe und wachsen doch in der unzweifelhaftesten Weise durch Interposition. Dann kommt ein Stadium, in welchem die Durchsetzung der Gewebe mit Blutgefässen als ein Fortschritt

[1] *Sitzungsberichte der Jenaischen Gesellschaft für Medicin und Naturwissenschaft.* Sitzung vom 28. Juni 1878.

betrachtet werden muss, und schliesslich kommt für manche Gewebe ein ferneres Stadium, in welchem sie die Blutgefässe wieder verlieren, und auch dieses Stadium muss als Fortschritt betrachtet werden. Der Gehalt an Blutgefässen ist also weit entfernt ein sicheres Kriterium für hohe Organisation des betreffenden Gewebes zu sein. Das Bindegewebe der Hornhaut des Menschen z. B. ist unzweifelhaft ein sehr hoch entwickeltes Bindegewebe, und doch entbehrt dasselbe bereits zur Zeit der Geburt der Blutgefässe, während es solche in der Foetalzeit enthält. Auch auf niederen Stufen der phylogenetischen Entwickelung ist die Hornhaut von Blutgefässen durchzogen, z. B. bei den Schlangen. Es würde sich schwerlich Jemand finden, der geneigt wäre anzunehmen, dass die Hornhaut seit dem Schlangentypus in der Entwickelung der Wirbelthiere Rückschritte gemacht hat und bei den Säugethieren auf einer niedrigeren Stufe steht, als bei den Ophidiern.

Dasselbe gilt für das Dentin der Zähne. Auch hier ist die niedere phylogenetische Stufe von Blutgefässen durchzogen, während das Dentin in den Zähnen der Säugethiere der Blutgefässe entbehrt. Gefässhaltiges Dentin, von Richard Owen entdeckt und als Vasodentin bezeichnet, findet sich vielfach in den Zähnen der Fische und Reptilien. Auch hier liegt somit in dem Uebergang zur Gefässlosigkeit ein Fortschritt.

Der Gehalt an Blutgefässen ist daher weit entfernt ein charakteristisches Zeichen hoch entwickelter Gewebe zu sein und ist vollkommen ungeeignet, um einen Unterschied in dem Wachsthumsmodus der betreffenden Gewebe zu bilden.

Im Gegentheil wachsen gefässlose Theile zum Theil appositionell, wie die meisten Epithelialsubstanzen und das Dentin und Cement der Zähne, theils interstitiell, wie die Hornhaut und zum Theil auch der Knorpel. Ebenso wachsen gefässhaltige Theile theils appositionell, wie der Knochen, bei dem man höchstens von den frühesten Jugendformen in dieser Beziehung absehen muss, theils interstitiell, wie die gefässhaltigen Weichtheile.

Also nicht der Gehalt oder der Mangel an Blutgefässen ist es, welcher eine Differenz im Wachsthumsmodus bedingt, sondern der Grad der Härte, und in der That erscheint es auch leichtverständlich, dass dem so ist, da je weicher ein Gewebe ist, um so leichter eine Zwischenlagerung neuer Molecüle stattfindet, je härter dagegen, um so grösser ist der Widerstand, welcher sich der Zwischenlagerung neuer Molecüle entgegensetzt, und um so verständlicher daher der Uebergang zum appositionellen Wachsthumsmodus.

IX. Sitzung am 13. März 1885.[1]

Hr. Dr. GOLDSCHEIDER (a. G.) hielt den angekündigten Vortrag: „Ueber Wärme-, Kälte- und Druckpunkte."

Eine früher vom Verfasser unter Leitung von E. du Bois-Reymond angestellte kritische Untersuchung über die Gültigkeit der Lehre von den speci-

[1] Ausgegeben am 3. April 1885.

fischen Energien der Sinnesnerven bei den verschiedenen Sinnesorganen nach den zur Zeit bestehenden Kenntnissen hatte ergeben, dass dieselbe in der ursprünglichen Joh. Müller'schen Gestalt überall zutreffend sei, dagegen in der ihr von v. Helmholtz gegebenen Form — wonach jede Primitiv-Nervenfaser nur eines Erregungszustandes und dementsprechend nur einer Empfindungs-Qualität fähig sei — vielfach auf erhebliche Schwierigkeiten stosse, hauptsächlich bei dem Geruchssinn und den Sinnesnerven der Haut. Zunächst besteht hier die Schwierigkeit, ob die Empfindung des Schmerzes demselben Nervenapparat zugehöre, wie die der Berührung und des Druckes. Der unter gewissen Verhältnissen beobachtete Zustand der Analgesie spricht für eine Geschiedenheit der Nervenapparate; ebenso die Thatsache, dass innere Organe des Körpers wohl der Schmerzempfindung, aber nicht der Druckempfindung fähig sind. Man kann sich andererseits aber wieder nicht vorstellen, dass es Nerven geben solle, welche nur unter pathologischen Bedingungen in Thätigkeit treten. Ausserdem ist jeder druckempfindliche Punkt der Haut auch schmerzempfindlich und der Schmerzreiz nur graduell von dem Druckreiz verschieden. Es hat sich deshalb in Anlehnung an Schiff's Durchschneidungsversuche der grauen Substanz die Vorstellung Bahn gebrochen, dass für beide Empfindungsqualitäten ein einziger Nervenapparat vorhanden sei, welcher sich jedoch im Rückenmark in zwei Leitungsbahnen sondere. Es kommt noch dazu die Frage, wie man die Empfindung des Kitzels unterzubringen habe. Weiterhin erwächst eine Schwierigkeit in Bezug auf den Temperatursinn. E. H. Weber nahm für Druck- und Temperaturempfindungen einen einzigen Nervenapparat an; jedoch fiel es ihm bereits auf, dass dieselben topographisch nicht gleichmässig ausgebildet sind. Im Laufe der Zeit, namentlich durch die Fälle partieller Empfindungslähmung des Temperatursinns, hat die Ueberzeugung Platz gegriffen, dass es besondere Temperaturnerven geben müsse. Jedoch selbst bei Annahme solcher blieb es noch unklar, wie die beiden Qualitäten der Kälte- und Wärmeempfindung mit unserem Gesetz in Uebereinstimmung zu bringen seien.

Die von Magnus Blix zuerst und von dem Vortragenden unabhängig von einander angestellten Untersuchungen mittelst punktförmiger Temperaturreize haben nun ergeben, dass nur gewisse punktförmige Stellen der Haut fähig sind, Temperaturen wahrzunehmen, und zwar sind diejenigen, welche Kälte wahrnehmen, getrennt von denen, welche Wärme wahrnehmen. Der Vortragende bedient sich zur Untersuchung eines soliden Messingcylinders, welcher in eine abgerundete Spitze ausläuft und ausserdem mit einem Schreibstift in Verbindung steht; derselbe kann beliebig abgekühlt oder erwärmt werden. Wenn man die empfindenden Punkte mit Farben bezeichnet, so gewinnt man ein Bild einerseits der Kältepunkte, andererseits der Wärmepunkte. Dieselben scheinen allerdings zunächst, wie Blix es angegeben hat, unregelmässig verstreut zu sein; bei Anwendung aller hierbei zu beachtenden Cautelen jedoch findet man, dass dieselben sich zu Ketten zusammenordnen. Diese strahlen von gewissen Punkten der Haut aus und verlaufen meist mehr oder weniger gekrümmt. Die Ketten benachbarter Ausstrahlungs-Rayons treten häufig zusammen und bilden so gewisse rundlich-längliche Figuren. Die Ketten der Kältepunkte sind meist getrennt von denen der Wärmepunkte, zuweilen kommen aus beiden Punktarten gemischte Ketten vor. Diese Ketten strahlen nun an den behaarten Körperstellen mit auffallender Häufigkeit von den Haaren aus, d. h. von einem Punkt, welcher in Ansehung der schiefen Richtung der Haare ungefähr der Haarpapille

entspricht. An den haarlosen Theilen ist die Anordnung eine entsprechende, es finden sich Ausstrahlungspunkte in ähnlichen Abständen, wie an den behaarten. An den Haaren finden sich demgemäss auch die Kälte- und Wärmepunkte besonders dicht gelagert und scheinen hier zuweilen zusammenzufallen; die nähere Untersuchung lehrt jedoch, dass stets ein gewisser Zwischenraum vorhanden ist. Die hervorragende Bedeutung der Haarstellen für den Temperatursinn ist ersichtlich an denjenigen Regionen, welche wenig Temperaturpunkte enthalten; hier kommt es nämlich vor, dass nur an den Haaren sich solche Punkte finden und zwischen ihnen überall Unempfindlichkeit gegen Temperaturen besteht. — Die Temperaturpunkte sind anatomisch constant; denn man kann auf der Haut bezeichnete Punkte noch nach beliebig langer Zeit bei jeder erneuten Prüfung als solche constatiren. Mit der Epidermisleitung haben sie nichts zu thun, da sie nach künstlich bewirkter Abhebung derselben sich ebenfalls nachweisen lassen. Die Wärmepunkte sind überall weniger zahlreich, als die Kältepunkte. Die Zahl der Temperaturpunkte überhaupt ist topographisch verschieden, steht im Verhältniss zu der bekannten verschiedenen Temperaturempfindlichkeit der Theile und tritt auffallend zurück an denjenigen Hautflächen, welche besonders dem Tastsinn dienen. Das Gefühl, welches bei Reizung eines Temperaturpunktes entsteht, ist nicht eigentlich punktförmig, sondern scheibenartig, wie von einem Tropfen; besonders gilt dies von den Wärmepunkten. Es ist dabei an den verschiedenen Punkten von verschiedener Stärke, ebenso erfordern dieselben zu ihrer Erregung auch eine verschiedene Reizgrösse. Nähert man sich mit der Cylinderspitze einem Punkt, so hat man sehr häufig schon in einem gewissen kleineren oder grösseren Abstande von ihm ein undeutliches und dann zunehmendes Temperaturgefühl. — Die Haare haben nach der Ansicht des Vortragenden nicht als solche eine Beziehung zu den Temperaturnerven, sondern nur insofern, als sie in einem gewissen Verhältniss zur Spaltbarkeitsrichtung der Haut stehen, welche auch auf die Anordnung der Gefässe und Nerven influiren dürfte, gemäss den Tomsa'schen Untersuchungen.

Eine bemerkenswerthe Eigenthümlichkeit der Temperaturpunkte ist, dass durch einen leichten Stoss gegen dieselben mittelst einer Nadel oder eines spitzen Hölzchens eine Temperaturempfindung producirt werden kann. Die Anstellung des Versuches gelingt am besten, wenn man bei Abwendung der eigenen Augen durch eine andere Person die Reizung ausführen lässt, und dient dies Verfahren zugleich als Controle gegenüber etwaigen Selbsttäuschungen. Es zeigt sich bei diesem Verfahren zugleich, dass der Temperaturpunkt in der That ein sehr distincter anatomischer Punkt ist, denn nur bei genauestem Treffen eines bestimmten Punktes erfolgt die Temperaturempfindung. — In gleicher Weise kann auch durch Reizung der Temperaturpunkte mittelst inducirter Ströme das ihnen zukommende Temperaturgefühl erzeugt werden. Diese Erscheinung hat auch Blix beschrieben.

Weiterhin hat sich ergeben, dass der Temperaturpunkt weder Berührung noch Schmerz wahrnimmt; besonders letztere Erscheinung ist sehr deutlich mittelst einer feinen Nadel, welche senkrecht in die Haut einzustechen ist, nachweisbar. Auch hierbei zeigt sich die schon erwähnte scharfe Abgrenzung des anatomischen Temperaturpunktes; man wird nicht den ganzen Farbenpunkt unempfindlich gegen Nadelstich finden, sondern nur einen bestimmten Punkt dieses Farbenpunktes. Diese Analgesie besteht nicht bloss gegen mechanisch erregten

Schmerz, sondern auch — wiewohl schwerer nachweisbar — gegen elektrisch und durch Hitze veranlassten Schmerz.

Diese Versuchsergebnisse lassen die Schlussfolgerung zu, dass die Temperaturpunkte Lücken darstellen im sensiblen Felde der Hautsinnesfläche, welche ausgefüllt sind einerseits mit specifischen Kältenerven, andererseits mit specifischen Wärmenerven. Somit hat sich für die Temperaturnerven in der That die v. Helmholtz'sche Lehre bestätigt. — Eine fernere Bekräftigung dieser Ansicht erwächst aus dem Umstande, dass es dem Vortragenden gelungen ist, durch Elektrisation der Nervenstämme excentrische, sehr deutliche Temperaturempfindungen in dem Ausbreitungsbezirk der betreffenden Nerven zu erzeugen. Man muss sich dazu äusserst starker inducirter Ströme und einer stiftartigen Elektrode bedienen. Das Kältegefühl herrscht dabei vor. — Dasselbe ist an einigen Stellen durch Druck auf Nervenstämme mittelst eines Korkcylinders erzielt worden.

Der Nachweis der Kälte- und Wärmenerven führt unmittelbar zu der Frage, wie sich hiernach die Theorie des Temperatursinnes verhalten müsse. Die von Hering entwickelte Temperatursinn-Theorie basirt auf der Anschauung von der Existenz eines einheitlichen Nervenapparates für Kälte- und Wärmeempfindung; wie er aus seiner Theorie heraus entwickelt, dass ein doppelter Nervenapparat nicht vorhanden sein könne, so folgt aus der erwiesenen Thatsache dieses doppelten Nervenapparates, dass seine Theorie nicht mehr zu Recht bestehen kann. Es kommt nicht auf die absolute Höhe der Eigentemperatur der Haut und ihren Abstand von einer sogenannten Nullpunktstemperatur an; vielmehr ist der Reizvorgang für die Temperaturnerven gelegen in dem Act des Steigens und Sinkens der Hauttemperatur — wie es E. H. Weber annahm. Das Sinken der Eigentemperatur des nervösen Apparates — ganz unabhängig von der absoluten Höhe derselben — bildet einen Reiz für die Kältenerven, das Steigen derselben einen solchen für die Wärmenerven. Dieselbe Objectstemperatur kann daher, da die Hauttemperatur der verschiedenen Körpertheile differirt, hier die Kältenerven, dort die Wärmenerven erregen. — Hierzu kommt nun, dass die Erregung der Temperaturnerven eine eigenthümlich lange Nachdauer besitzt. Ein punktförmiger, auf einen Kältepunkt applicirter, momentan wirkender, Kältereiz hinterlässt unter Umständen eine so lange nachdauernde Kälteempfindung, dass es nicht möglich ist, dieselbe auf eine wirkliche, so lange anhaltende Abkühlung zurückzuführen. Vielmehr deuten die mittelst punktförmiger momentaner Kälte- und Wärmereize gewonnenen Erfahrungen darauf, dass dem Erregungszustand als solchem eine erhebliche Nachdauer der Empfindung zukommt. In demselben Maasse hinterlässt der Erregungszustand auch eine verminderte Reizempfänglichkeit gegen neue Reize durch die Erregung als solche. Dazu kommt ein wichtiges Moment, welches bei den übrigen Sinnesnerven sich in dieser Weise nicht geltend macht, dass nämlich durch die Abkühlung und Erwärmung der Nervenfaser das Leitungsvermögen bez. die Reizbarkeit derselben direct herabgesetzt wird. Der Vortragende glaubt aus gewissen Versuchen schliessen zu dürfen, dass diese Herabsetzung der Erregbarkeit sich nicht erst bei einer gewissen Höhe der Abkühlung oder Erwärmung geltend macht, sondern schon bei geringen Veränderungen der Eigentemperatur der Nerven und mit diesen in einer continuirlichen Reihe sich verstärkt. Wird daher eine Hautstelle erkältet, so wird neben der nachdauernden Erregung der Kältenerven und der dadurch bedingten Schwächung

der Reizempfänglichkeit derselben zugleich eine Herabsetzung der Erregbarkeit beider Nervenarten durch die Veränderung ihrer Eigentemperatur bewirkt; wird dieselbe Stelle jetzt von einem Wärmereiz getroffen, so ist die Wärmezufuhr zwar eine grössere, als sie bei nichtabgekühlter Haut sein würde, ihr tritt aber die Herabsetzung der Erregbarkeit der Wärmenerven entgegen. Die entstehende Wärmeempfindung ist daher nicht so gross, als sie bei der gleichen Grösse der Wärmezufuhr auf der nichtabgekühlten Stelle sein würde. Dennoch natürlich kann es vorkommen, dass die Temperatur, welche die Hautstelle vor der Abkühlung selbst besass, jetzt von der abgekühlten als warm percipirt wird — jedoch als viel schwächer warm, als eine entsprechende Erhöhung der Eigentemperatur von demselben Umfange von der nichtabgekühlten Haut würde wahrgenommen werden. — In dieser Weise erklären sich nicht nur die von Hering zur Stütze seiner Theorie herangezogenen sogenannten Contrastversuche, sondern auch gewisse andere Versuche, welche vom Vortragenden angestellt sind und durch die Hering'sche Theorie sich nicht erklären lassen.[1]

Bei den topographischen Untersuchungen hat sich ergeben, dass der Wärmesinn überall intensiv und extensiv geringer entwickelt ist, als der Kältesinn, und dass ferner die durch die verschiedenartige Eigentemperatur der Haut bedingte Höhe der Reizschwelle wie auch die Dicke der Oberhaut von viel geringerer Bedeutung ist als der regionär differente Reichthum an Temperaturnervenfasern. Die Temperaturempfindlichkeit steht in unmittelbarem Verhältniss zu den Innervationsterritorien der sensiblen Hautnerven, welche man bei Untersuchung mittelst kleiner flächenhafter Temperaturreize vollständig von einander abgrenzen kann. Daraus erklärt sich auch die schon von E. H. Weber gemachte Beobachtung, dass die Temperaturempfindlichkeit in der Mittellinie des Körpers schwächer ist als seitlich.

Die Temperaturpunkte besitzen einen auffallend feinen Ortssinn. Reizt man je zwei derselben gleichzeitig, so kann man einzelne Punktpaare schon bei sehr geringen Distanzen, bis unter 1 mm herunter, als doppelt fühlen. Diese Minimaldistanzen differiren topographisch.

Bei der analogen Anwendung punktförmiger Druckreize haben sich gewisse Punkte der Haut als besonders druckempfindlich gefunden. Der Vortragende bedient sich hierzu eines Instrumentes, welches aus einer Spiralfeder besteht, die eine Nadel trägt, an welcher ein Korkblättchen befestigt werden kann; zugleich befindet sich ein Schreibstift an demselben, um den Punkt zu fixiren. Man kann die Punkte auch durch schwache inducirte Ströme auffinden. Diese Punkte sind nun nicht bloss hervorragend empfindlich gegen schwache mechanische Reize, sondern zugleich auch Träger eines specifischen Druckgefühls, daher als Druckpunkte zu bezeichnen. Dieses specifische Gefühl unterscheidet sich von demjenigen an der dazwischen gelegenen Haut durch folgende Eigen-

[1] Taucht man einen Finger eine Zeit lang in Wasser von ca. 15°C. und dann gleichzeitig mit dem entsprechenden der anderen Hand in warmes Wasser, so fühlt der in der Luft gewesene Finger die Wärme stärker als der abgekühlte. — Taucht man einen Finger eine Zeit lang in Wasser von 40° und dann mit dem entsprechenden der anderen Hand in solches von 15°, so fühlt der in der Luft gewesene die Kälte intensiver. — Taucht man einen Finger in Wasser von 15°, den entsprechenden der anderen Hand in laues Wasser und dann beide in warmes Wasser, so fühlt der im lauen Wasser gewesene Finger die Wärme besser. Es ändert nichts, wenn man den Finger nach dem ersten Eintauchen schnell mit Fliesspapier abtrocknet.

schaften: Während der punktförmige Druck auf letzterer ein mattes, pelziges Gefühl hervorbringt, ist dasjenige der Druckpunkte distinct, lebhaft, gesättigt. Zugleich lässt es jede Abstufung der Druckstärke unmittelbar erkennen, was bei dem ersteren nicht möglich ist. Bei stärkerer Reizung geht es über in ein schmerzhaft drückendes, quetschendes Gefühl, welches so lange anhält, als der Reiz andauert, während an der punktfreien Haut nur ein schnell vorübergehendes lancinirendes, bei längerer Dauer des Reizes nur matt stechendes Gefühl entsteht. Endlich zeichnet sich das Punktgefühl aus durch den ihm anhaftenden, sehr distincten Ortssinn. Die Messung desselben erfolgte in folgender Weise: Es wurden Punktcomplexe bezeichnet; sodann wurden bei Abwendung der eigenen Augen von einer anderen Person die Spitzen eines Tasterzirkels, welcher Ablesungen auf Zehntel-Millimeter gestattet, bald auf Punkte, bald auf freie Haut aufgesetzt. Dabei konnten dann einzelne Punktpaare in ausserordentlich geringen Distanzen doppelt gefühlt werden; die Reihe der Werthe verläuft von 6^{mm} bis zu $0 \cdot 1^{mm}$. — Durch diese verschiedenen Eigenschaften und die ihm innewohnende, nicht näher zu beschreibende eigenthümliche Qualität giebt sich das Gefühl der Druckpunkte als ein specifisches Gefühl kund.

Die Druckpunkte zeigen denselben Typus der Anordnung, wie die Temperaturpunkte, stehen jedoch im Allgemeinen viel dichter. Sie reihen sich ebenfalls zu Ketten an einander, welche von gewissen Punkten und ganz besonders von den Haaren ausstrahlen. An letzteren findet sich häufig eine Anhäufung von Druckpunkten und an wenig druckempfindlichen Stellen sind es nicht selten die Haarstellen allein, welche noch Druckpunkte zeigen. An den unbehaarten Theilen finden sich entsprechende Ausstrahlungssysteme, welche ihrer Lage nach denen der Temperaturpunkte entsprechen. — Für den Ortssinn hat sich noch die bemerkenswerthe Erscheinung ergeben, dass solche Punktpaare, welche verschiedenen Ketten angehören, im Allgemeinen einen stärker ausgebildeten Ortssinn zeigen, als solche, welche derselben Kette zugehören. Es lässt dies den Schluss zu, dass die einer Kette angehörenden Punkte in einem engeren anatomischen Connex stehen, als diejenigen verschiedener Ketten. Die Bedeutung der Druckpunkte tritt sehr deutlich hervor, wenn man mit kleinen kantigen Tastobjecten prüft; die Möglichkeit, die Form derselben zu erkennen, wächst mit der Zahl der Druckpunkte, welche von ihnen berührt werden. Die Weber'sche Lehre von den Empfindungskreisen dürfte in ihrer Form nicht mehr festgehalten werden können.

Der Vortragende unterscheidet demgemäss:

Allgemeine Gefühlsnerven, welche die ganze Hautfläche durchsetzen, und:

Specifische Drucknerven, welche in den Druckpunkten endigen.

Die Fähigkeit der Kitzel- und Schmerzempfindung muss beiden Nervenarten zugeschrieben werden; das Nähere hierüber kann hier nicht Platz finden.

X. Sitzung am 27. März 1885.[1]

Hr. EWALD berichtet über eine in Gemeinschaft mit Hrn. Dr. Boas unternommene Untersuchungsreihe: „Ueber das Vorkommen der Milchsäure im Mageninhalt."

Anlass hierzu bot eine 20jährige Hysterica, welche feste Speisen bei sich behält, nach kleinen Gaben von Flüssigkeit aber sofort erbricht und einen mehr weniger grossen Theil des Mageninhaltes von sich giebt. Ihre Verdauung ist im übrigen gut, sie nimmt an Gewicht zu und die secretorische Function ihrer Magendrüsen darf als normal angesehen werden. Dadurch ist es möglich, in jedem beliebigen Stadium der Verdauung besonders auch in den ersten Anfängen derselben zu einer Zeit, wo man mit der Sonde den nicht verdünnten Mageninhalt nur schwer oder gar nicht herauszubefördern im Stande ist, die Untersuchung auf den Säuregehalt desselben vorzunehmen. Danach ergiebt sich, dass bei gemischter Kost, bei Fleischnahrung und bei Kohlehydraten in den ersten 10 bis 100 Minuten stets Milchsäure im Filtrat des Mageninhaltes vorhanden ist. Bei reinem Eiweiss fehlt dieselbe. Es folgt dann ein Stadium, in welchem man sowohl Milchsäure wie Salzsäure findet nnd diesem schliesst sich eine letzte Periode an, in welcher nur Salzsäure vorhanden ist. Es lässt sich leicht constatiren, dass die Milchsäure ein Product der ausserordentlich schnell erfolgenden Fermentation der Kohlehydrate ist, bez. aus dem Fleisch ausgelaugt wird, in dem einen Falle also Aetyliden-, in dem anderen Aetylen-Milchsäure ist. Die weitere Bildung der Gährungsmilchsäure wird durch das Auftreten der Salzsäure verhindert. Es ergiebt sich aus diesen Versuchen auf's Neue dass als Product der Drüsensecretion des Magens nur die Salzsäure zu betrachten ist. Dagegen ist andererseits das Vorkommen der Milchsäure nicht wie man dies in letzterer Zeit vielfach anzunehmen geneigt ist ausnahmslos durch pathologische Processe bedingt, sondern normaler Weise in den Anfangsstadien der Verdauung vorhanden.

Die Fleischmilchsäure ist die Ursache der trotz stark saurer Reaction des Magensaftes zuweilen fehlenden Tropaeolinreaction, indem Lösungen dieses Farbstoffes mit Paramilchsäure versetzt hellgelb werden, während sie bekanntlich mit Gährungsmilchsäure, Salzsäure u. a. eine dunkelbraunrothe bis burgunderrothe Farbe annehmen.

In der Sitzung vom 30. Januar sprach Hr. A. KOSSEL: „Ueber das Nucleïn im Dotter des Hühnereies."

Der körnige Inhalt der Elemente des weissen Dotters vom Hühnerei ist bekanntlich von His mit Zellkernen identificirt worden und diese Anschauung hat in den Untersuchungen von Miescher eine Stütze gefunden. Miescher stellte aus dem Eidotter Nucleïn dar und betrachtete diesen Befund als einen Beweis für die Existenz von Kernsubstanz im weissen und gelben Dotter.

---

[1] Ausgegeben am 3. April 1885.

Aus einer Untersuchung der Spaltungsproducte des Dotternucleïns ziehe ich den Schluss, dass dieses Nucleïn von dem der Zellkerne verschieden ist. Das Dotternucleïn liefert bei der Zersetzung weder Hypoxanthin, noch Xanthin, noch Guanin, ist somit dem Nucleïn der Kuhmilch nahe verwandt, oder mit demselben identisch. Die genannten stickstoffreichen Basen fehlen aber nach meinen bisherigen Beobachtungen unter den Spaltungsproducten des Nucleïns der Zellkerne nie.

Wenn es gestattet ist, das Auftreten von Xanthin, Hypoxanthin und Guanin als Kriterium für die Existenz echter Zellkerne zu betrachten, so müssen diese Stoffe bei der Entwickelung des Hühnchens allmählich erscheinen in dem Maasse, wie sich kernhaltige Gewebe entwickeln und in dem Maasse, wie sich das Dotternucleïn in das Zellkernnucleïn umbildet. Ich habe durch folgenden Versuch diese Schlussfolgerung zu bestätigen versucht.

Nachdem ich mich überzeugt hatte, dass der gesammte Dotter des unbebrüteten Hühnereies die genannten Basen nicht in nachweisbarer Menge enthält, wurden aus sieben Hühnereiern nach 15 tägiger Bebrütung die Embryonen herausgenommen. 30 grm der Embryonen, entsprechend 2·967 grm Trockensubstanz wurden mit verdünnter Schwefelsäure gekocht und in demselben die stickstoffreichen Basen bestimmt. Es fand sich 0·0084 grm Guanin und 0·0195 grm Hypoxanthin, also 0·28 Procent Guanin und 0·66 Procent Hypoxanthin (bezogen auf trockene Substanz).

XII. Sitzung am 1. Mai 1885.[1]

1. Hr. RAUDNITZ (a. G.) hielt den angekündigten Vortrag: „Ueber das thermische Centrum der Grosshirnrinde."

Durch klinische Erfahrungen über die geringere Wärmestetigkeit Neugeborener angeregt, wünschte ich auf experimentellem Wege die Frage zu beantworten, ob dieses Verhalten auf unvollkommene Entwickelung und Thätigkeit eines gefässbeherrschenden Centrums in der Grosshirnrinde bezogen werden könnte, wie Eulenburg und Landois ein solches für den Hund angegeben haben. Nachdem aber diese Angaben bloss von Reinke und in wenigen Zeilen von Hitzig bestätigt, dagegen von Vulpian, P. H. Rosenthal, Küssner bestritten worden sind, Wood und Bokai endlich zum Theil widersprechende Befunde gemacht haben, so musste ich vorerst die Versuche an erwachsenen Thieren prüfend wiederholen, bevor ich sie auf das Neugeborene übertrug. Zur Temperaturmessung bediente ich mich hierbei zwischen die Zehen eingebundener Thermometer. — Es ist nämlich die subcutane Messung nicht zu verwerthen, weil bei Reizung des Nerven einer Extremität oder während des von der Rinde ausgelösten epileptischen Anfalles subcutane und Pfotentemperatur ein entgegengesetztes Verhalten zeigen. Man könnte dies auf Grund der Gaskell'schen

---

[1] Ausgegeben am 5. Mai 1885.

Annahme, wonach im Muskelnerven die gefässerweiternden, im Hautnerven die vasoconstrictorischen Fasern vorherrschen, dergestalt erklären, dass die subcutane Temperatur als die der Muskeln, die in der Pfote gemessene als Hautwärme anzusehen ist, doch begnüge ich mich mit einer rein mechanischen Deutung, da ich das gleiche Verhalten beider Temperaturen einige Male auch dann beobachten konnte, wenn ich ein unter der Haut rund um den Oberschenkel geführtes Bändchen zusammenzog und so die Wirkung der Muskelcontraction auf die Blutvertheilung in der Extremität nachzuahmen suchte. Jedenfalls giebt die subcutane Messung nur Aufschluss über eine locale Temperatur, so dass ein negatives Ergebniss nicht beweisend gewesen wäre, ein positives erst hätte gedeutet werden müssen. Was die galvanothermometrische Messung betrifft, so hätte ich einer constanten Wärmequelle bedurft, deren Schwankungen nicht $0{\cdot}04^0$ C. betragen, — eine schwer zu erfüllende Bedingung, während das von Eulenburg und Landois angewandte Auskunftsmittel, die zweite Thermonadel an der entgegengesetzten Körperhälfte unterzubringen, ganz fehlerhafte Ergebnisse liefern muss, da der Gefässzustand der einen Extremität in verschiedener Weise auf den der anderen zurückwirkt.

Was die Reizungsversuche an Thieren in Morphiumschlaf betrifft, so bemerke ich vorerst gegen Scheinesson und Rumpf, dass Morphiuminjection und Aetherisirung die periphere Wärme anfänglich steigern, erstere nach kurzdauerndem Abfalle der Temperatur, dass der auf die Erhebung folgende Abfall durch neuerliche Aetherisirung wieder unterbrochen werden kann. Für unsere Versuche ist hiervon nur das eine zu beachten, dass sie jedesmal in einer, rücksichtlich des Ganges der peripheren Wärme gleichsinnigen Phase der Narkose vorgenommen werden müssen. Uebrigens hatten die Reizungen an uncurarisirten Thieren nur den Werth von Vorversuchen. Sie ergaben, dass Reizung, die von keiner Bewegung begleitet wird, auch ohne thermischen Erfolg bleibt, stärkere Reizungen dagegen, entsprechend der Intensität der Bewegungen, von einem vorübergehenden Absinken mit folgender Erhebung begleitet sind, wobei, entgegen Landois' Angaben, für die Vorderbeinregion der specielle Ort der Reizung nicht von Belang ist. Von grösster Deutlichkeit und längster Dauer sind die thermischen Erscheinungen beim epileptischen Anfalle, während sie mit dem allmählichen Sinken der peripheren Temperatur immer undeutlicher werden. — Da aber alle diese Schwankungen als Wirkung der Muskelcontraction gedeutet werden können, so dürfen nur Reizversuche an curarisirten Thieren als beweiskräftig angesehen werden. Schliesst man bei solchen die feinsten Bewegungen und die epileptischen Anfälle aus, welche bei curarisirten Thieren aus der Pupillenerweiterung erkannt werden, so konnte in unseren Versuchen eine thermische Wirkung der Rindenreizung nicht beobachtet werden. Doch besitzen diese Versuche wegen der niedrigen Pfotentemperatur, welche die Versuchsthiere hatten, keine absolute Beweiskraft.

Indem ich deshalb zu den Exstirpationsversuchen überging, nach welchen Eulenburg und Landois Temperaturunterschiede zwischen den Pfoten beider Seiten gefunden hatten, musste ich vorerst die physiologische Breite dieser Differenz zu bestimmen suchen. Ich fand nun bei Hunden mit labiler, peripherer Wärme, zu denen auch alle, durch eine Operation herabgekommenen Thiere gehören, dass durch passive Lageveränderungen — linke und rechte Seitenlage — Differenzen bis zu 14^0 C. erzeugt werden können. Daraus geht hervor, dass man aus dem Befunde solcher Temperaturunterschiede nur dann

einen Schluss ziehen kann, wenn dieselben bei einer, jeden anderen Einfluss möglichst ausschliessenden Lagerung des Thieres regelmässig wiederkehren. Dies war weder in Vulpian's noch in meinen Exstirpationen der Fall. Allein selbst der regelmässige Befund solcher Temperaturdifferenzen bei Hunden, denen die in Betracht kommende Rindenpartie einseitig zerstört worden war, ermächtigt nicht zu der Annahme einer unmittelbaren, gefässbeherrschenden Thätigkeit dieser Gebiete. Denn durch die Exstirpation wird der Tonus der Musculatur an der betreffenden Extremität herabgesetzt und damit der Widerstand vermindert, den die in tonischer Erregung befindlichen Muskeln auf die zwischen ihnen hindurchziehenden Gefässe ausüben. Sonach müsste eine Extremität, deren entsprechende Rindenpartie abgetragen worden ist, wenigstens in der ersten Zeit wärmer gefunden werden, wenn nicht Lage und Haltung des Beines einen weit bedeutenderen Einfluss auf dessen Temperatur nehmen würden, als es der Zustand der Musculatur zu thun vermag. Dass die Rindenexstirpation den Muskeltonus an dem entsprechenden Beine herabsetzt, wurde von Hitzig in psychologischer Deutung als „Störung des Muskelbewusstseins" beschrieben; das Bein hängt bei Schwebestellung des Thieres schlaff herunter, seine Musculatur, besonders die der Beuger, fühlt sich weicher an. (Hierdurch wird die Steigerung des Kniephaenomens auf dieser Seite rein mechanisch erklärt.) Dass aber Verminderung des Muskeltonus mit Erwärmung der Extremität einhergeht, wurde durch Versuche zu beweisen gesucht, in denen sich die Pfote jenes Beines, dessen Achillessehne zuvor durchschnitten worden war, unter Morphium- oder Aetherwirkung rascher erwärmte als die normale. — Nach alledem blieben auch hier nur die Ergebnisse der Exstirpation an curarisirten Thieren einzig und allein beweiskräftig. In jenen meiner derartigen Versuche, wo ein epileptischer Anfall und alle Bewegung ausgeschlossen war, liess sich nun ein Einfluss der Exstirpation auf den Gang der peripheren Temperatur nicht erweisen.

Die Frage steht mithin heute dergestalt, dass eine mittelbare Beziehung der Grosshirnrinde zu den peripheren Gefässen, und damit zur Temperatur, in zweierlei Form besteht: einmal durch Vermittelung der willkürlichen Musculatur, zum anderen durch den noch unaufgeklärten Mechanismus der psychischen Erregung und des epileptischen Anfalls, für welchen letzteren dies die neuerdings von Vulpian wieder aufgenommenen und auch von mir bestätigten Versuche Bochefontaine's bewiesen haben. Dagegen ist ein unmittelbarer Einfluss der Hirnrinde auf die peripheren Gefässe erst noch zu erweisen; die thermometrische Methode scheint nach meinen Erfahrungen hierzu nicht zweckmässig und dienlich zu sein.

In der Sitzung vom 27. März 1885 sprach Hr. BLASCHKO: „Zur Lehre von den Druckempfindungen." Er hob die bislang nur wenig (Aubert und Kammler, Blix) gewürdigte Bedeutung der kleinen Wollhaare für die Tastempfindungen hervor und machte darauf aufmerksam, dass dieselben auch entwickelungsgeschichtlich als Analoga der Riffe und Furchen an der Hohlhand und den Fingern aufzufassen seien. An der ganzen behaarten Haut sind die Haare weit empfindlicher für minimale Druckreize, als die dazwischen liegenden Hautpartien, ja sogar empfindlicher als die Tastballen der Hände und Finger. Die Empfindungsstärke hängt ab von der Angriffsstelle des Druckes und der

Richtung desselben, sie ist am stärksten, wenn der Druck in einer auf der Neigungsebene des Haares senkrechten Richtung wirkt. Die Empfindung wird ausgelöst nicht durch eine einfach hebelnde Bewegung des Haares mitsammt dem Haarbalg, sondern durch ein Anstossen des Haares gegen den Balg, resp. die Haarpapille.

Die gesammte Tastfläche des menschlichen Organismus zerfällt in zwei Unterarten, von denen die eine einen rein papillären, die andere vorwiegend ciliaren Bau aufweist. Die papilläre Tastfläche, zu der Hohlhand, Fusssohle, Finger und Zehen, Lippen, Zunge und Gaumen gehören, dient dem directen, die ciliare, welche die ganze übrige Hautfläche umfasst, dem indirecten Tasten.[1] Die Analogien zwischen Gesichts- und Tastsinn erstrecken sich nicht bloss auf die Verschiedenheiten des Baues der directen und indirecten Sinnesfläche (Fehlen der Stäbchen in der Macula lutea, der Tasthaare in der Vola manus u. s. w.), sondern auch auf die Functionsverschiedenheiten. Bei der indirecten Wahrnehmung findet Bewegung des Objectes über die Sinnesfläche, bei der directen Bewegung der Sinnesfläche über das Object statt; hier besteht grössere Empfindlichkeit für die minimalen Reize, dort grössere Empfindlichkeit für Unterschiede der Reizstärke und schärfer ausgeprägter Ortssinn (Seh- und „Tastschärfe"); die indirecte Sinnesfläche ist geeigneter für die Wahrnehmung von Bewegungen, die directe allein geeignet zur Bildung von Vorstellungen über die Natur der Körper im Raum; hier die Sinneswahrnehmung dem Individuum sich aufdrängend, dort das Individuum mit Bewusstsein und Absicht das wahrzunehmende Object aufsuchend.

Gegenüber den von Blix und Goldscheider postulirten „Druckpunkten" glaubt der Vortragende, namentlich mit Rücksicht auf die zwischen den Resultaten der genannten Forscher herrschenden Widersprüche, vorläufig noch alle Reserve obwalten lassen zu müssen.

XIII. Sitzung am 15. Mai 1885.[2]

1. Hr. HÖLTZKE hielt den angekündigten Vortrag: „Experimentelle Untersuchungen über intraocularen Druck."

Vortragender legt der Gesellschaft die Resultate seiner auf manometrischen Messungen beruhenden Untersuchungen über die Wirkung des Eserins, Pilocarpins und Atropins auf die Höhe des intraocularen Druckes vor. Die bisher in der Litteratur über diesen Gegenstand verzeichneten Angaben sind sehr mangelhaft, und zum Theil einander widersprechend. v. Hippel und Grünhagen konnten mit ihrem Manometer keinen Einfluss von Atropin oder Calabar auf die Höhe des Druckes in der Kammer nachweisen, nach Wegner setzt Atropin den Druck

---

[1] Hr. H. Munk schlug in der Discussion vor, von activem und passivem Tasten zu sprechen, eine Bezeichnung, welche sehr glücklich gewählt scheint und sich mit Vortheil vielleicht auch auf den Gesichtssinn übertragen liesse.

[2] Ausgegeben am 25. Mai 1885.

im Auge bedeutend herab, Adamük constatirte ebenfalls ein Sinken nach Atropineinträufelung um 2 mm Hg., Laqueur spricht dem Atropin eine drucksteigernde Kraft zu, Pflüger vertritt die Ansicht, dass Atropin den Druck vermindere. In Bezug auf das myotisch wirksame Princip der Calabarbohne geht die Ansicht von Adamük dahin, dass Calabar den intraocularen Druck bis um 3 mm Hg erhöhe, nach Pflüger steigert das Eserin (Physostigmin) den Druck im Kaninchenauge bis um 6 mm Hg. Pflüger ist auch der Einzige, der bisher manometrische Untersuchungen über den Einfluss von Pilocarpin auf den intraocularen Druck publicirt hat. In Bezug auf dieses Alkaloid spricht er sich für eine druckvermindernde Wirkung aus und durch Combination der manometrisch gefundenen drucksteigernden Wirkung des Eserins mit der klinischen Beobachtung, dass Eserin bei Glaukom, unter Verengerung der pathologisch erweiterten Pupille, den intraocularen Druck herabsetzt, kommt Pflüger zu dem Schluss, dass Eserin „primär" den Druck im Auge steigere, dass aber die durch Eserin bewirkte Myose in Augen mit krankhaft gesteigertem Druck jenen schädlichen, drucksteigernden Einfluss durch Freilegung der im Kammerfalz gelegenen Abflusswege des Kammerwassers übercompensire. Da auf der anderen Seite Pilocarpin, abgesehen von seiner myotischen Wirkung, „primär" den Druck im Auge herabsetze und zweitens Atropin, trotzdem es die Pupille erweitert, ebenfalls den Druck vermindere, so könne unter physiologischen Verhältnissen die Weite der Pupille nicht von Einfluss auf die Höhe des Druckes im Auge sein.

Von der Ueberzeugung ausgehend, dass diese theils negativen, theils sich widersprechenden Angaben in erster Linie den Mängeln der angewandten Methoden zuzuschreiben sind, giebt Vortragender eine kurze Kritik der bisher benutzten Instrumente, stellt als ersten Grundsatz bei allen manometrischen Messungen des Augendruckes und seiner Schwankungen die Möglichkeit hin, den Druck abzulesen, ohne dass Flüssigkeit aus dem Auge heraus oder in dasselbe eintritt. Dies lässt sich durch ein Doppelmanometer erreichen, welches demonstrirt wird, und dessen Construction und Princip schon früher vom Vortragenden [1] veröffentlicht wurde. Auf demselben Princip basirt das Instrument, welches Schultén [2] beschrieben hat. Mit Hülfe dieses Doppelmanometers und einer modificirten Leber'schen Canüle (in Betreff der Technik muss hier auf die citirte Abhandlung verwiesen werden) gelang es, den Druck in der Kammer und dessen Schwankungen sehr genau zu messen. Sehr wichtig bei allen Messungen, welche die Wirkung einer den intraocularen Druck nur allmählich, erst nach längerer Berührung mit dem Auge modificirenden Substanz demonstriren sollen, ist es, über ein Controlauge zu verfügen, welches entweder nur die Druckschwankungen, die auf Veränderungen des Blutdruckes zu beziehen sind, anzeigt, oder unter dem Einfluss einer anders wirkenden, ebenfalls zu prüfenden Substanz steht, d. h. also, die Messungen an beiden Augen gleichzeitig vorzunehmen.

Es werden nun Curven demonstrirt, welche den Einfluss von Eserin und Atropin illustriren. In Ermangelung derselben sei es erlaubt, an diesem Orte einige Zahlen zu geben, welche die durchschnittlichen Maximalwerthe für den Druck unter den verschiedenen Bedingungen darstellen. Aus einer Reihe von technisch gut gelungenen Versuchen ergab sich:

---

[1] *Archiv für Ophthalmologie.* Bd. XXIX. Hft. 2. S. 1.
[2] *Ebenda.* Bd. XXX. Hft. 3. S. 1.

als mittleres Maximum bei Atropin (Pupille weit) . .	35·2 mm Hg.
mittleres Maximum bei Eserin (Pupille verschieden) .	37·4 „ „
mittleres Maximum bei Eserin (Pupille weit) . . .	42·25 „ „
mittleres Maximum bei Eserin (Pupille eng) . . .	32·5 „ „
mittleres Maximum ohne Instillation (Pupille versch.) .	34·3 „ „
mittleres Maximum ohne Instillation (Pupille weit) .	35·0 „ „
mittleres Maximum ohne Instillation (Pupille eng) .	33·33 „ „

Ganz ähnlich ist das Verhältniss der Zahlen zu einander, welche die entsprechenden Minimalwerthe darstellen. Da letzteren aber, weil sie unter Verhältnissen gewonnen wurden, welche am meisten von der Norm abweichen (besonders tiefe Narkose, Erstickungsgefahr, bedeutende Herzschwäche) ein geringerer Werth zufällt, muss an dieser Stelle auf die Wiedergabe derselben verzichtet und betreffs derselben auf die oben citirte Abhandlung verwiesen werden. Aus den Curven und aus den hier mitgetheilten Maximalwerthen geht in völlig übereinstimmender Weise hervor, dass

1) Eserin an sich den Druck in der vorderen Kammer beträchtlich erhöht, dass aber die durch Eserin bewirkte Myose diesen steigernden Einfluss nicht nur aufhebt, sondern den Druck in der Kammer noch unter den physiologischen Mittelwerth herabdrückt.

2) Atropin hat sicher keine direct erhöhende Wirkung, es steigert aber den Kammerdruck beträchtlich durch seine pupillenerweiternde Kraft.

3) Im nichtvergifteten Auge (unter physiologischen Verhältnissen) steigt der Kammerdruck mit Erweiterung, und sinkt mit Verengerung der Pupille.

Von besonderem Interesse für den Physiologen ist die experimentell erhärtete Thatsache, dass der Kammerdruck mit Verengerung derPupille sinkt. v. Helmholtz hat bekanntlich behauptet, dass der Druck in der Kammer während der Accommodation für die Nähe herabgesetzt sein werde. Aus der bei der Eserinmyose beobachteten Druckverminderung könnte man eine experimentelle Bestätigung dieser Behauptung ableiten wollen. Jedoch konnte Vortragender bei Katzen, an denen alle manometrischen Messungen angestellt wurden, niemals und auf keine Weise eine nennenswerthe Zunahme der Brechkraft des Auges mit dem Augenspiegel nachweisen. Dass trotzdem die Behauptung von v. Helmholtz, die sich ja nur auf solche Geschöpfe bezieht, welche wirklich accommodiren können, an Wahrscheinlichkeit gewinnt, leuchtet ein, wenn man sich erinnert, dass bei der Accommodation für die Nähe die Pupille sich verengt.

Nach der Publication jener Untersuchungen über den Einfluss von Atropin und Eserin wurde ein anderes in der praktischen Augenheilkunde übliches Myoticum nach derselben Methode der Prüfung unterworfen, nämlich das Pilocarpin. Eine Schwierigkeit, welche sich bei diesen Versuchen Anfangs in den Weg stellte, nämlich der überaus reichliche Speichelfluss nach der Application von Pilocarpin auf das Auge, wurde durch Einlegen einer Trachealcanüle glücklich beseitigt. Die Resultate lassen sich aus folgender Tabelle entnehmen:

mittleres Maximum bei Pilocarpin (Pupille 1 mal weit, 9 mal eng) . .	28·6
mittleres Maximum ohne Instillation (Pupille 5 mal weit, 5 mal eng) .	27·0
mittleres Minimum bei Pilocarpin (Pupille 1 mal weit, 9 mal eng) . .	21·7
mittleres Minimum ohne Instillation (Pupille 5 mal weit, 5 mal eng) .	20·3

Aus diesen Zahlen noch deutlicher aus den demonstrirten Curven, geht mit Sicherheit hervor, dass Pilocarpin ebenfalls, wenn auch in viel geringerem Maasse als Eserin, den Druck in der Kammer „primär" erhöht. Dass das mittlere Minimum für Pilocarpin einen höheren Werth repräsentirt, als die entsprechende Zahl ohne Instillation, trotzdem in letzterem Falle die Pupille öfter weit gefunden wurde (5 mal gegen 2 mal) hat darin seinen Grund, dass Pilocarpin bei Katzen verhältnissmässig geringe myotische Wirkung äussert, so dass die primär drucksteigernde Wirkung nicht völlig ausgeglichen werden kann.

Alles bisher Mitgetheilte bezog sich auf den Druck in der Kammer. Da die Frage, wie sich dem gegenüber der Druck im Glaskörper verhält, von praktischer Wichtigkeit ist, und die Ansichten in der Litteratur hier ebenfalls sehr divergiren, so wurde mit Hülfe einer nach Schultén's Angaben construirten Canüle der Glaskörperdruck zugleich mit dem Kammerdruck in ein und demselben Auge in einer Reihe von Fällen bestimmt, wobei sich als ganz constantes Resultat ergab, dass nennenswerthe Differenzen in Bezug auf den Druck in beiden Räumen unter den bisher verfolgten Bedingungen nicht existiren.

2. Hr. HANS VIRCHOW sprach: „Ueber Glaskörpergefässe von Cyprinoiden."

Bekanntlich tritt bei Cyprinoiden die Glaskörperarterie an der Papille ein, und ihre Zweige breiten sich über die Oberfläche des Glaskörpers aus; die Vene dagegen liegt als ein Ringgefäss an der Ora serrata und verlässt den Glaskörper am untersten Punkte des Corpus ciliare; in den von den Arterienzweigen und Venenwurzeln begrenzten Feldern liegen die Netze der Capillaren.

Vorgelegt werden Praeparate von ausgebreiteten Glaskörperhäuten, in welchen die nicht injicirten Gefässe durch Färbung (Haematoxylin und Eosin) hervorgehoben sind, und Photographien nach diesen Praeparaten. Die Praeparate betreffen Cyprinus carpio, Carassius, Leuciscus erythrophthalmus, Tinca vulgaris, Abramis brama, die Photographien Cyprinus, Leuciscus, Tinca.

Der Vortragende hebt drei Punkte hervor:

1) Die Arterien zeigen an der Papille bilaterale Anordnung, und nur durch starke Entwickelung von Seitenzweigen entsteht das Bild einer radiären Vertheilung.

2) Die Dichtigkeit in der Ausbreitung der capillaren Netze ist sehr verschieden, indem das eine Mal (Leuciscus) diese Netze spärlich entwickelt sind und sogar einzelne Abschnitte der Oberfläche ganz von ihnen frei bleiben, das andere Mal (Tinca) die Capillaren in reicher Vertheilung den ganzen Glaskörper überziehen.

3) Die Verbindung der Arterien mit den Capillaren zeigt weitgehende Differenzen, indem das eine Mal (Cyprinus) spärliche Arterienendzweige die Verbindung der Arterien mit den Netzen der Capillaren vermitteln, ohne dass sie die Richtung der Maschen der Netze bestimmen, das andere Mal (Tinca) die Zweige der Arterien, sich dichotomisch immer weiter theilend, allmählich zu Capillaren werden, wobei eine viel vollkommenere Verbindung mit dem Gebiete der Capillaren und eine Beeinflussung der Form der Maschen in den letzteren durch die Arterienendzweige herauskommt.

Bemerkungen zur Lehre von den Athembewegungen.

Von

F. Miescher-Rüsch.[1]

Wenn es in der Physiologie überhaupt in sich abgerundete, von den mannigfachsten Angriffspunkten aus der Bearbeitung zugängliche Fragen giebt, so gehört gewiss dazu das alte Problem, wie die Athembewegungen zu Stande kommen, und durch welche Hülfsmittel dieselben sich so innig dem wechselnden Athembedürfniss anpassen. Völlig durchsichtig scheint uns heute die Bedeutung des Lungenluftwechsels, und wir glauben sämmtliche Factoren zu kennen, welche dabei betheiligt sind. Wir kennen die Gase des Blutes und haben bestimmte, auf viele exacte Forschungen gegründete Anschauungen über die Wechselwirkung derselben mit den Geweben einerseits und der Lungenluft andererseits und über die dabei thätigen Diffusionskräfte und chemischen Verwandtschaften. Wir kennen nicht nur die bei der Ein- und Ausathmung thätigen Muskeln und ihre Nerven, sondern seit Legallois erkennen wir an, dass engbegrenzte Stellen der nervösen Centralorgane es übernehmen, den Respirationsmuskeln ihre Erregungen in einer zweckmässigen Coordination, in einer dem Athembedürfniss angepassten Stärke und Zeitfolge zufliessen zu lassen, und wir streiten fast nur noch darüber, ob diese wirksamen Centraltheile einfach oder mehrfach, ob sie im verlängerten Mark oder Rückenmark oder beiderorts zu finden seien. (1) Durch eine grosse Zahl künstlicher äusserer Einwirkungen, durch Vermittelung centripetaler Nerven, sind wir ferner im Stande, auf die Athembewegungen in mannigfacher Weise einzuwirken und namentlich ist es der sicherlich hervorragende, aber schwer völlig zu entwirrende Einfluss der in den Lungen sich ausbreitenden Vaguszweige, welcher seit Traube in den drei letzten

[1] Mit einigen kleinen Abänderungen abgedruckt aus der „*Gedenkschrift zur Eröffnung des Vesalianum, der neu errichteten Anstalt für Anatomie und Physiologie in Basel.*“ Leipzig 1885. Verlag von Veit & Comp.

Decennien immer wieder die Forscher angezogen und eine fast unabsehbare Reihe von Arbeiten veranlasst hat.

Trotz des enormen zur Zeit angehäuften Materials an Versuchen und Beobachtungen wird indess Jeder, der sich in diesem Gebiete orientiren will, beim Studium der umfangreichen Litteratur bald bemerken, wie schwierig es ist, aus den vorhandenen Bausteinen ein Ganzes zu errichten, wie viele innere Widersprüche noch durch kritische Analyse und durch neue Beobachtungen zu lösen sind, bevor wir zu einer in sich zusammenhängenden klaren Athmungstheorie gelangen können. In diesem Sinne mag es vielleicht nicht ganz ohne Nutzen sein, einige der wichtigsten Controversen, die bis jetzt zu sehr gesonderte Wege gegangen sind, in ihrem gegenseitigen Zusammenhange kurz zu beleuchten, und nachdem so viele erfahrene Experimentatoren sich ausgesprochen haben, wird es auch einem bisher fernerstehenden unparteiischen Leser vergönnt werden, seine Eindrücke mitzutheilen. Einem solchen Ueberblick mögen die nachfolgenden Blätter gewidmet sein, während die noch nicht abgeschlossenen Versuche, welche damit im Zusammenhang stehen, an einem anderen Orte ausführlich mitgetheilt werden sollen.

Als Angelpunkt der Lehre von der Ursache der Athembewegungen hat während langer Zeit die immer neu auftauchende Frage gegolten: Wie entsteht, gegenüber der Ruhe des Uterinlebens, der erste Athemzug des Neugeborenen? Sind es die sensiblen Reize des Geburtsactes, die Abkühlung, die mechanischen Einwirkungen, durch deren passende Anwendung sich ja die stockende Athmung des halberstickten Kindes so wohlthätig befördern lässt, — oder liegt irgend ein Etwas im Blute der Frucht zu Grunde, was sich durch den Geburtsact verändert?

Derselbe Gegensatz ist es nun, welcher von Anfang an bis heute alle Discussionen über Athembewegungen durchzieht, und wenn die Controversen heute verwickelter sind, als ehedem, so kommt dies davon, dass jetzt wiederum verschiedene Blutveränderungen unter sich und verschiedene sensible Einflüsse unter sich um die Herrschaft oder wenigstens um einen Antheil auf diesem Gebiete kämpfen.

Angesichts so vieler trefflicher Darstellungen der älteren Athmungstheorien wird es für unseren Zweck genügen, wenn wir unsere Besprechung an den Wendepunkt anknüpfen, welchen die Frage nach der Entstehung des ersten Athemzuges durch die berühmte Arbeit von Schwarz 1858 (2) genommen hat. Seit Schwarz consequenter, als bisher geschehen, den Gedanken durchführte, dass die bei schweren Geburten so gefürchteten vorzeitigen Athembewegungen der Frucht stets auf irgendwie gestörten Placentarverkehr, also aufgehobenen Gasaustausch zwischen Mutter und Frucht, zurückzuführen seien, wird derselbe Gesichtspunkt auch für die normale Ath-

mung maassgebend, und er ist hiefür namentlich von Rosenthal (3) klar formulirt und theilweise auch durch neue Versuche begründet worden. Gegenüber der Theorie von Johannes Müller, dass das sauerstoffhaltige Blut das Gehirn zur Athmung anrege, wird gezeigt, dass zwar allerdings Zufuhr arteriellen Blutes stattfinden müsse, um auf die Dauer die Erregbarkeit des Gehirns zu erhalten, dass aber darin nicht der eigentliche Athemreiz zu suchen sei. Auch die von Volkmann (4) und Vierordt (5) vertretene Idee, dass das Sauerstoffbedürfniss aller Organe durch Vermittelung aller sensiblen Nerven reflectorisch die Athmung anrege, tritt in den Hintergrund gegenüber der Anschauung, die nunmehr die Lehre von den Athembewegungen beherrscht, dass im Athemcentrum des verlängerten Markes um so stärkere Reize sich entwickeln, je venöser das durchfliessende Blut, je mehr sein Gasgehalt sich von demjenigen des normalen Arterienblutes entfernt und demjenigen eines erstickten Thieres nähert. Nur unter diesem Gesichtspunkt liess sich Alles vereinigen: die vorzeitigen Athembewegungen, und die Verstärkung der Athmung wie sie eintritt bei den das Blut venöser machenden Muskelanstrengungen, beim Athmen im abgeschlossenen Raume, bei fehlendem Luftwechsel und als Vorläufer der Kussmaul-Tenner'schen Krämpfe nach Unterbindung der Hirngefässe.

Der seit Anfang der sechziger Jahre zwischen Traube (6) und Rosenthal (7) geführte Streit, ob Sauerstoffmangel oder Kohlensäureüberladung das maassgebende Moment bei der Anregung der Dyspnoe und der normalen Athembewegungen sei, wurde 1864, unter Zustimmung der meisten Fachgenossen, durch Pflüger und Dohmen (8) dahin geschlichtet, dass Beides wirksam sei, oder wenigstens in Wirksamkeit treten könne, wenn auch in etwas verschiedener Weise. Dabei wird es nunmehr, nach den umfassenden Untersuchungen von Paul Bert (9), sowie von Friedländer und Herter (10), trotz des Widerspruchs von Rosenthal (11), des Vertreters der einseitigen Sauerstofftheorie, wohl sein Verbleiben haben müssen. Auf diese Discussion ziehen wir indess vor, erst später näher einzutreten.

Das Experimentum crucis für die Venositätstheorie der Athmung schien endlich gefunden, als Rosenthal (12) durch überreichliches Lufteinblasen bei Kaninchen die Athmung stillstehen sah; wie einfach und durchsichtig, gewissermaassen selbstverständlich war dieses Verschwinden des Athemreizes im Gehirn bei übermässiger Lüftung des Blutes! Kaum scheint Jemand beachtet zu haben, dass schon damals Thiry (13) durch Einblasen eines Gemenges von gleichen Theilen Luft und Wasserstoffgas Athemstillstand erzielt hat.

Neben dem Athemcentrum und dessen Verhältniss zum Blut kommen jedoch auch die sensiblen Nerven wieder zu ihrem Recht. Die von E. Rach (Dissertation. Königsberg 1863) wieder aufgegriffene Theorie von Volk-

mann und Vierordt, dass die Summe der Erregungen von allen sensiblen Nerven aus die Athembewegungen reflectorisch unterhalte, bemüht sich zwar Rosenthal (14) zu widerlegen und zu zeigen, dass auch nach Durchschneidung des Rückenmarks und Trennung der sensiblen Wurzeln am Hals die Athmung fortdauert. Seither hätte man sich aus pathologischen Fällen mehrfach überzeugen können, wie wenig auch bei den umfangreichsten Hautanaesthesien und Sinneslähmungen die Athmung beeinträchtigt ist.

Um so mehr tritt der sensible Nerv der Luftwege und der Lunge, der Nervus vagus, in den Vordergrund. Die seit Rufus von Ephesus und Galen so vielfach beschriebenen Athembeschwerden nach Durchschneidung der beiden Nervi vagi werden allmählich entwirrt und es zeigt sich, dass, unabhängig von der Lähmung des Kehlkopfs, bei Thieren mit Luftröhrenfisteln, eine bedeutende Verlangsamung der Athmung eintritt. Die erste einseitige Anschauung von Marshall Hall, dass es ohne den Vagusreflex, als Vermittler des Kohlensäurereizes in der Lunge, keine unwillkürliche Athmung gebe, war leicht zu widerlegen, und auch die Idee von Schiff, dass nach Vagusdurchschneidung noch andere sensible Nerven, obwohl mühsamer, reflectorisch die Athmung unterhalten, fand keine Zustimmung (15). Seit jedoch, zuerst 1847, Traube durch elektrische Reizung des centralen Vagusendes Vermehrung der Athemzahl und sogar Krampf des Zwerchfells erhielt, auch dann, wenn das grosse Gehirn entfernt war, wurden allmählich die reflectorischen Beziehungen der Nervi vagi zu den Athembewegungen zu einem Lieblingsthema der Experimentatoren und es beginnt die lange Reihe von Arbeiten über centrale Vagusreizung mit ihren vielgestaltigen und widerstreitenden Ergebnissen, welche wohl heute noch nicht abgeschlossen sein mag. Eine Zeit lang schien es, als ob Rosenthal (16) die richtige Vermittelung gefunden habe; er setzte der Athembeschleunigung bei schwacher und dem Zwerchfellkrampf bei stärkerer elektrischer Reizung des Vagusstammes die Verlangsamung oder gänzliche Athemhemmung entgegen, die der gereizte obere Kehlkopfnerv hervorruft und suchte plausibel zu machen, dass von den dem Vagusstamm zugedachten elektrischen Strömen der N. laryngeus sup. äusserst leicht mit ergriffen werde, wodurch alle verlangsamenden und exspiratorischen Wirkungen des Vagus sich erklären sollten. Aber die Exspirationen und Athemstillstände bei Vagusreizung erschienen trotzdem wieder. Nicht nur wurden vom unteren Kehlkopfnerven, der die Trachea versorgt, solche Wirkungen nachgewiesen (17), sondern, als man anfing, ausser den Inductionsströmen auch noch die ganze Reihe sonstiger Reizmittel auf das centrale Vagusende anzuwenden (Langendorff und Knoll, 18), wurden neben den inspiratorischen reichlich exspiratorische oder wenigstens inspirationshemmende Wirkungen erhalten, viel erheblicher, als sich aus der schwachen

Wirkung des N. recurrens erklären liess. Mag sich die von Langendorff und Knoll gefundene auffallende Verschiedenheit zwischen der Wirkung mechanischer und chemischer Reize und zwischen Kettenströmen und Inductionsströmen auf Unterschiede der Reizstärke und der Reizdauer zurückführen lassen oder nicht, sicherlich enthält auch ohne die Kehlkopfnerven der Vagusstamm Fasern, welche reflectorisch die Inspiration anregen, und solche, welche dieselben hemmen oder auch active Exspiration hervorrufen können.

Bevor wir jedoch diese Thatsachen für die Theorie der Athembewegungen verwerthen, erinnern wir uns daran, dass auch Vagusfasern vom Magen und anderen Baucheingeweiden her reflectorisch auf Inspirations- und Exspirationsmuskeln wirken können; so beim Brechact, wo Zwerchfell und Bauchmuskeln eine Hauptrolle spielen. Es ist daher nicht überflüssig, die Beweise hervorzuheben, welche für eine zwiefache reflectorische Wirkung der eigentlichen Lungenfasern des Vagus sprechen. Wir erinnern hier an die evidenten Inspirationswirkungen, Athembeschleunigung mit etwas Zwerchfellkrampf, welche Knoll (19) bei tracheotomirten Kaninchen auch nach Durchschneidung der Nn. recurrentes noch erhielt, wenn er die Thiere Chloroform- oder Aetherdämpfe einathmen liess. Die augenblicklich eintretende Wirkung und das Fehlen derselben nach Vagotomie lassen an der reflectorischen Natur dieses Vorganges nicht zweifeln.

Von allen über den Vagus bis jetzt vorliegenden Thatsachen lassen sich bis jetzt für die Theorie der normalen Athmung am unmittelbarsten die bekannten schönen Versuche von Hering und Breuer verwerthen (1868, 20), deren Ergebnisse in den Hauptzügen von allen späteren Beobachtern bestätigt worden sind, welche ihre Versuchsthiere nicht allzutief narkotisirten (21). Nach Hering und Breuer wirkt bei narkotisirten Thieren, solange die Nervi vagi intact sind, jede Ausdehnung der Lunge, gleichviel ob durch positiven oder negativen Druck, gleichviel ob Luft oder Wasserstoff eingeblasen, zunächst hemmend auf jede Inspiration, die gerade im Gange ist oder eben kommen sollte; sodann entsteht aber, namentlich bei höheren Ausdehnungsgraden, eine active, insbesondere an den Bauchmuskeln bemerkliche Exspirationsbewegung, die, wenn die Luftröhre verschlossen ist, an Energie immer zunimmt, bis sie endlich durch tiefe Inspirationen unterbrochen wird. Von der langsamen, tiefen und stossweisen Athmung nach Vagusdurchschneidung würde sich also die normale Athmung dadurch unterscheiden, dass jede durch den Reiz des venösen Blutes hervorgerufene Einathmung, sobald ein gewisser Ausdehnungsgrad der Lunge erreicht ist, durch eine Reflexhemmung vom N. vagus aus coupirt wird. Dadurch wird der vom verlängerten Mark ausgehende Athemreiz genöthigt, seine Befriedigung in einer grösseren Anzahl flacherer

Athemzüge zu suchen, und es wird sowohl an Muskelanstrengung gespart, als auch übermässige Beeinflussung der Circulationsverhältnisse in der Brusthöhle vermieden. Sobald die Vagi durchschnitten sind, bleiben nicht nur diese Wirkungen aus, sondern es fehlt auch bei künstlicher Respiration die seit Traube bekannte Anpassung der spontanen Athembewegungen an den Rhythmus der Einblasungen.

Weniger durchsichtig ist das zweite Hauptergebniss von Hering und Breuer: Jede plötzliche Verkleinerung der Lunge, sei es die Rückkehr des aufgeblasenen Organs zum Normalvolum, sei es die noch weitere Verkleinerung durch Aussaugen, das gänzliche Zusammenfallen bei Eröffnung des Brustraumes, oder endlich sogar das weitere Aussaugen der collabirten Lunge, führt, so lange die Nervi vagi intact, zu einer sofortigen Inspirationsbewegung. So sicher diese Erscheinung und ihre Beziehung zum N. vagus feststeht, so wird sich doch kaum eine anatomische Anordnung von Nervenenden denken lassen, vermöge welcher die Ausdehnung der Lungenbläschen und Bronchien einerseits und die Erschlaffung derselben andrerseits jede ihre selbstständigen Erregungseinflüsse ausüben sollte. Unseres Erachtens wird man entweder die inspiratorischen Wirkungen des Vagus auf ein anderes, nicht mechanisches Reizmittel zurückführen müssen, das vielleicht in der Exspirationsluft enthalten sein kann; oder man begnügt sich mit der einfachsten Annahme, dass von dem im Athemcentrum vorhandenen Inspirationsreiz immer ein gewisser Theil durch die centripetale Hemmungswirkung des vorhandenen Expansionsgrades compensirt sei, so dass erst nach Durchtrennung der diese Hemmung vermittelnden Vagusbahn der Inspirationsreiz in seiner ursprünglichen Stärke hervorbreche. Man kann sich denken, dass die natürliche Form der Nervenenden durch ihre anatomische Anordnung in der fötalen luftleeren Lunge bestimmt sei, gegenüber welcher auch die möglichst collabirte lufthaltige Lunge noch gedehnt ist, und dadurch Erregung unterhält. Beide Möglichkeiten sind von Hering und Breuer bereits angedeutet; durch ein besonderes, wohl nicht ganz eindeutiges Experiment suchen sie sogar nachzuweisen, dass vom Vagus noch andere als mechanische Reize ausgehen müssen, da Vagusdurchschneidung die Zahl der Zwerchfellcontractionen auch dann veränderte, wenn zuvor bei eröffnetem Thorax ein Luftstrom durch die vielfach durchstochenen Lungen geleitet und so jede Volumänderung des Organismus vermieden war.

Für die Anschauung, die wir uns vom Wesen dieser verschiedenen Vaguswirkungen bilden, ist es maassgebend, ob Rosenthal (22) im Recht ist, wenn er aus den Athemgrössen oder durch Integration der Respirationscurven zu beweisen sucht, dass die Leistungen der Athemorgane vor wie nach Vagusdurchschneidung gleich und nur zeitlich verschieden vertheilt

seien, — oder ob wir, was mir richtiger scheint, Gad (23) zustimmen, wenn er, auf die vorwaltend inspiratorische Form seiner Athemcurven vagotomirter Thiere hinweisend, in der Vaguswirkung unter anderem eine Reduction des inspiratorischen Athemreizes, eine echte Hemmungswirkung sieht, nach Analogie des Froschherzens, welches bei Vagusreizung unter gleichem Füllungsdruck nicht nur seltener, sondern auch schwächer schlägt (Coats).

Leider, möchten wir fast sagen, hat auch der vielgepriesene Versuch über Apnoe dem Vagus seinen Tribut entrichten müssen. Nachdem Thiry (24) schon 1865 gezeigt, dass Apnoe sich auch durch Einblasen von zur Hälfte mit Wasserstoff verdünnter Luft hervorrufen lasse, brachte die unter Buchheim und Schmiedeberg gearbeitete Dissertation von Paul Hering (25) die überraschende Mittheilung, dass er im Arterienblute apnoischer Katzen im Mittel nicht mehr, eher weniger Sauerstoff als bei normal athmenden Thieren finde, und dass die Kohlensäure bedeutend, bis auf die Hälfte vermindert sei. Wenn es ferner Ewald (26) in Pflüger's Laboratorium durch verbesserte Methode und Anordnung gelingt, zwischen dem Arterienblut eines und desselben Hundes mit und ohne Apnoe eine minime Sauerstoffdifferenz (von 0·1 bis 0·9 Procent) zu finden, so zeigt sich dafür, dass das Blut der Vena femoralis meist ganz erheblich ärmer an Sauerstoff ist (zuweilen bis auf $^1/_3$ des früheren Gehaltes) und Ewald kommt zu dem anscheinend paradoxen Schlusse, dass der Sauerstoffgehalt des Körpers im Ganzen eher vermindert als vermehrt sei.

Auch Ewald findet die Kohlensäure des Arterienblutes auf die Hälfte oder noch weniger herabgesetzt, und man muss sich beinahe wundern, dass nun nicht eine auf diese exquisite Kohlensäureausspülung gegründete Theorie der Apnoe sich Geltung verschaffen konnte, für die schon P. Hering entschieden eingetreten war. Statt dessen, und gewiss auch nicht ohne Berechtigung, richtete Ewald seinen Blick auf die Circulationsverhältnisse, auf das bedeutende Sinken des Aortendruckes und der Herzarbeit, welches der Druck der eingepressten Luft durch Hemmung des Rückflusses zum Herzen hervorbringt. Wegen des enorm verlangsamten Blutlaufes verliert das Blut in den Geweben mehr von seinem Sauerstoff; dafür bleibt es dann aber auch länger in der Lunge und fliesst um 0·1 bis 0·9 Procent sauerstoffreicher in's Gehirn. Als sodann Pflüger durch sanfte, schonende Lufteinblasungen eine Apnoe mit hellrothem Venenblut erhielt, schien dem Sauerstoffüberschuss wieder die Hauptrolle bei der Entstehung der Apnoe gesichert zu sein. Und als schliesslich 1879 Filehne (27) sich überzeugte, dass nicht nur das Venenblut, sondern auch das Arterienblut dunkler werden kann als normal, bevor endlich der erste Athemzug erscheint, so traten gerade damals, wie unten erörtert werden soll, ganz andere

Gesichtspunkte auf, die sowohl Sauerstoff als Kohlensäure in den Hintergrund drängten.

Wenn übrigens Pflüger, ohne die Abnahme der Kohlensäure für gleichgültig zu halten, doch zu einer Sauerstofftheorie der Apnoe hinneigte (28), so geschah dies im Zusammenhang mit der Idee, dass dadurch mittelst der erhöhten Sauerstoffspannung Gelegenheit zu vollständigerer Zerstörung der reducirenden Stoffe in den Geweben gegeben sei, so dass nachher wegen Mangels solcher Stoffe vorübergehend weniger Sauerstoff consumirt werde (29); letztere Annahme haben später Pflüger und seine Schüler in ihren Stoffwechselversuchen nicht bestätigt gefunden (30).

Dass bei der Apnoe Circulationsverhältnisse einen grossen Einfluss ausüben, ist leicht verständlich, angesichts der ganz veränderten Druckverhältnisse im Thorax, die ja bekanntlich auch im Kymographion sich ausprägen. Die bald dunklere, bald hellere Farbe des Venenblutes mag sich daraus erklären, dass ein rücksichtsloses Einpressen von Luft Stauungserscheinungen hervorruft, während bei schonender, bloss die Nachgiebigkeit des Zwerchfells verwerthender Einblasung die stärker ansaugende Wirkung der mehr und öfter erhöhten Lungenelasticität ungehemmt zur Geltung kommt, welche die Füllung des Herzens und somit den Kreislauf befördert. Wir möchten sogar darin Ewald beistimmen, dass in den Versuchen mit dunklem Venenblut der langsamere Kreislauf, das längere Verweilen des Blutes in der Lunge an der beobachteten kleinen Sauerstoffvermehrung im Blut viel grösseren Antheil hat, als die geringe, in Folge besseren Luftwechsels erhaltene Steigerung der Sauerstoffspannung in der Lunge.

Die minime, bei Apnoe constatirte Vermehrung der Sauerstoffmenge im Arterienblut hat Ewald in ihrer Bedeutung zu potenziren gesucht, indem er darin eine bedeutende Erhöhung der Sauerstoffspannung annahm, die nach voller Sättigung des Farbstoffes durch physikalische Absorption um ein Vielfaches steige (31). Aber warum werden, bei viel höherem Partiardruck, die Arbeiter in den Caissons pneumatischer Fundationen nicht apnoisch, warum sieht man, fragt Hoppe-Seyler, nichts von Apnoe beim Athmen in reinem Sauerstoff? Ein Hund kann normal athmen, während je nach den Umständen des Versuches sein Arterienblut hohe Spannung und volle Sättigung an Sauerstoff (Herter) besitzt, und wieder anscheinend normal athmen, während er hinter seiner Sättigungscapacität merklich ($^1/_{10}$ und darüber) zurückbleibt (32).

Demgegenüber kann durch reichliches Lufteinblasen die Kohlensäure so gründlich aus Blut und Geweben ausgespült werden, dass nachher für viele Minuten eine bedeutende Depression der Kohlensäureabgabe eintritt (Finkler und Oertmann) und der Kohlensäuregehalt des Blutes nach

beinahe stundenlanger normaler Athmung immer noch unter seinem früheren Werthe bleibt (Ewald, a. a. O.).

Nicht unerwähnt möge ferner an diesem Orte die unter Donders 1869 gearbeitete, zu wenig beachtete Dissertation von Berns (33) bleiben, wo auf Taf. VII mehrere Athmungscurven von Kaninchen mit genauer Zeitmessung zeigen, wie rasch und sicher eine regelrechte Apnoe coupirt werden kann durch eine einzige Kohlensäureeinblasung im Beginn oder Verlauf derselben, gegenüber von Controlversuchen mit mechanisch möglichst gleicher Lufteinblasung.

Auf Grund der gesammten hier dargelegten Thatsachen kann es daher keinem Zweifel unterliegen, dass die Erklärung der Apnoe aus Sauerstoffüberschuss längst als definitiv widerlegt betrachtet werden muss. Soweit überhaupt die Apnoe mit Blutgasen etwas zu schaffen hat, kann einzig und allein die Kohlensäure des Blutes in Betracht kommen.

Die neueste Wendung in der für die Theorie der Athembewegungen so entscheidenden Apnoefrage knüpft sich endlich, wie schon oben angedeutet, an Reflexwirkungen centripetaler Nerven. Schon der von Rosenthal entdeckte Stillstand des Zwerchfells in Erschlaffung bei elektrischer Reizung des N. laryngeus sup. musste in Fällen, wo es nicht zu activer Exspiration kam, im Grunde den Vergleich mit Apnoe wachrufen, und auch der neuerdings von J. C. Graham (34) entdeckte exquisite Hochstand des Zwerchfells bei centraler Splanchnicusreizung, wobei in der Regel die Bauchpresse activ exspiriren hilft, schliesst sich zunächst an die Wirkung der Kehlkopfnerven an. Noch weiter geht die Aehnlichkeit mit der echten Apnoe von Rosenthal bei den reflectorischen Athemhemmungen, welche namentlich von der Endausbreitung des Trigeminus in der Nasenhöhle aus, aber auch an gewissen Hautstellen ausgelöst werden können. Solche Athempausen, bis zu 20 Secunden beim Kaninchen, erhielt Kratschmer (35), als er reizende, namentlich saure Dämpfe auf die Nasenschleimhaut wirken liess. Namentlich aber ist hier zu nennen der — *sit venia verbo* — Tauchreflex, der zuerst von Rosenthal und Falck (36) beschriebene Stillstand der Athmung beim Eintauchen von Thieren in Wasser von beliebiger Temperatur. Während es indessen den letztgenannten Autoren schien, als ob Benetzung der Haut über der Herzgegend ganz besonders wirksam sei, erhielt Fredericq (37) weitaus die längste Dauer der Athempause beim Bespritzen der Nasenöffnung, schon beim Kaninchen, noch mehr aber, bis zu 12 Minuten Dauer, bei Schwimmvögeln (Enten), wo die Zweckmässigkeit dieser Einrichtung für den Tauchact besonders in die Augen springt, und die Möglichkeit eines so langen Stillstandes wohl in dem Luftzellensystem, in Verbindung mit dem grossen Haemoglobingehalt des Blutes beruhen mag.

Was endlich den N. vagus anbelangt, so häuften sich immer mehr die

Beobachtungen über exspiratorische Athmungsstillstände durch Vagusreizung bei passender Wahl der Reizmittel und Reizstärken. Immer schwieriger scheint es ferner, alle die verschiedenen Athemstillstände zu scheiden und herauszufinden, wie viel von jedem dieser Fälle auf Reflexhemmung, auf Schwäche des Athemcentrums, auf wahrer Herabsetzung des Athemreizes beruhe. Wie wollte man z. B. erklären (Rosenbach, 38), dass halbverblutete Thiere so leicht apnoisch gepumpt werden können, während doch die gestörte Gewebeathmung des verlängerten Marks gerade recht dyspnoeerregend sein sollte. Brown-Séquard behauptete denn auch schon 1871 (39), dass nach doppelseitiger Vagusdurchschneidung durch Lufteinblasungen keine Apnoe mehr zu erzielen sei, und die späteren Autoren, Filehne (40), Rosenbach (a. a. O., S. 109) und Knoll (41) stimmten ihm wenigstens insoweit bei, dass Athemruhe über die Dauer der Einblasungen hinaus bei solchen Thieren entweder überhaupt nur unvollkommen (Knoll), oder wenigstens schwieriger und nur für kürzere Zeit zu erzielen sei, als sonst (Filehne, Rosenbach).

In der That zog schon Brown-Séquard aus seinen allerdings ungenügenden Versuchen den bestimmten Schluss, dass die gewöhnliche Einblasungsapnoe weiter nichts als eine Reflexhemmung durch mechanische Vagusreizung sei; nur hielt er später (42) auch andere centripetale Fasern im Phrenicus und anderweitigen Zwerchfellnerven für daran betheiligt, was Filehne durch Apnoe nach Vagotomie und Halsmarktrennung zu widerlegen suchte.

Etwas weniger einseitig sprach sich 1877 Rosenbach (a. a. O. S. 112) für Betheiligung von mechanischer Vaguserregung bei der Apnoe aus, und endlich eröffnete 1879 Hoppe-Seyler (43) den entscheidenden Feldzug gegen die ältere Deutung der Apnoe und betonte, indem er auf die hohe Sauerstoffspannung und daher volle Sauerstoffsättigung des Blutes normal athmender Hunde nach Herter's (44) Versuchen hinwies, dass lediglich mechanische Momente an dem Apnoephänomen die Schuld tragen müssten. Während Hoppe-Seyler noch mehr von Misshandlung und Ermüdung des Respirationsapparates im Allgemeinen spricht, hat sich von da an unter den Händen von Gad, Fredericq und Knoll (45) eine Auffassung des apnoischen Zustandes entwickelt, welche von dem früheren Bilde ganz wesentlich abweicht. Nicht nur frische Luft giebt Apnoe, sondern, so lange die Nn. vagi intact sind, auch das Hin- und Herpressen von derselben immer schlechter werdenden Ausathmungsluft zwischen der Lunge und einem Kautschukbeutel bei schon dunkelem Blut im linken Herzohr (Gad 45). Hebt man (Gad), während einer Einblasungsapnoe, durch plötzliches Abkühlen des N. vagus, also ohne jede begleitende Reizung, die Leitung in demselben auf, so wird die Apnoe unterbrochen oder verkürzt. Auf eine

ganz besondere, mit gewöhnlicher Apnoe nicht identische Hemmung im Athemcentrum deutet die Beobachtung von Knoll (46), dass in späterem Stadium eines längeren durch Lufteinblasungen herbeigeführten Athemstillstandes die Athmung noch stillstehen kann, während nicht nur dunkles Blut, sondern schon eigentliche Erstickungserscheinungen, vasomotorische Blutdrucksteigerung, Pulsverlangsamung und dyspnoische Darmbewegungen aufgetreten sind, ja, dass selbst der Kussmaul-Tenner'sche Versuch, die Unterbindung der Hirngefässe, zwar Krämpfe, aber keine Athembewegungen hervorruft.

Ueberblicken wir die Summe dieser Thatsachen, so ist nunmehr für uns die Apnoe, anstatt, wie bisher, ein durchsichtiges, elegantes Schulexperiment zur Illustration der herrschenden Athmungstheorie zu sein, vielmehr ein verwickelter, im einzelnen Falle oft schwer zu entwirrender Vorgang geworden. Auch fernerhin wird der Gasgehalt des Blutes, und zwar nach unserer Auffassung einzig und allein die Kohlensäure, dabei eine gewisse Rolle spielen. Es giebt, auch nach Ausschaltung des Vaguseinflusses, noch eine Apnoea vera, die, als völliger Stillstand oder auch als blosse Abschwächung der Athemzüge auftretend, wirklich von der Verminderung des Kohlensäurereizes im Athemcentrum herrührt. Einen besonders schlagenden Fall von echter, nicht reflectorischer Apnoe scheint Bieletzky (47) erhalten zu haben, indem er bei einem Raubvogel einen constanten Luftstrom durch Lunge und Luftzellensystem bis zu Gegenöffnungen in den Knochen leitete, wobei keinerlei Wechsel des Ausdehnungsgrades der Lunge soll stattgefunden haben. Leider wird die Beweiskraft des Versuches für unsere Frage dadurch etwas beeinträchtigt, dass die Nn. vagi, wie es scheint, intact waren.

Neben dieser Apnoea vera fehlt jedoch beim intacten Thiere nach rhythmischen Einblasungen wohl niemals völlig der von den Lungenfasern des Vagus ausgehende Hemmungsreflex, die Apnoea vagi, und beherrscht bald mehr, bald weniger das Feld, je nach den erzielten Ausdehnungsgraden der Lungen und je nach der Frequenz der Einblasungen, wovon die Cumulirung der langsam abklingenden Vaguserregungen abhängt (Gad). Die Apnoea vagi ist wiederum ein Specialfall der exspiratorischen Athemstillstände, wie sie von den Nn. laryngei, von den Trigeminusfasern der Nasenhöhle und vielleicht noch von anderen Nerven ausgelöst werden, und die wir als Apnoeae spuriae zusammenfassen können.

In Bezug auf die Apnoea vera ist hinwiederum die Reaction des Athemcentrums nicht nur von der Stärke des Kohlensäurereizes in den Ganglienzellen abhängig; sie ist ausserdem eine Function der Erregbarkeit. Für die Erhaltung der letzteren ist vor Allem Sauerstoffzutritt nothwendig; sie ist aber auch von der Tiefe einer etwaigen Narkose, von der Temperatur und von

anderen die Lebensenergie modificirenden Factoren in hohem Grade abhängig; Reiz und Erregbarkeit sind auch hier, wie anderwärts, soviel als möglich auseinanderzuhalten. Widersprechende Angaben über die Wirkung von Circulationsstörung oder von asphyktischer Blutbeschaffenheit auf das Athemcentrum erklären sich daraus, dass der Reiz langsamer zunehmen kann, als die Erregbarkeit abnimmt, oder umgekehrt.

In den vorstehenden Blättern haben wir möglichst vorurtheilslos zu prüfen gesucht, wie die einzelnen bei der Athemregulirung betheiligten Factoren im Lichte älterer und neuerer Forschungen sich darstellen. Es fragt sich nun weiter, welches Gesammtbild der Athemregulirung sich aus diesen einzelnen Zügen entwerfen lässt. Hier wird sich auch noch Gelegenheit bieten, eine bis jetzt zurückgelegte Hauptfrage zu erörtern, nämlich die definitive Abrechnung zwischen dem Sauerstoffmangel und der Kohlensäure als erregenden Momenten bei den verschiedenen Graden und Bedingungen der Athmungsthätigkeit. Dabei haben wir wohl zu unterscheiden zwischen der Aufgabe, die Symptome einer Störung des Gasaustausches, die Erstickungserscheinungen, zu erklären, und zwischen dem Problem der normalen Athmung.

Den Schlüssel zum Verständniss der Athemregulirung hat man denn auch neben der Apnoe vor Allem in den Vorgängen gesucht, welche bei den verschiedenen Arten der Erstickung an den Organen der Respiration und des Kreislaufs sich abspielen; mit ihnen ganz vorzugsweise hat sich die Forschung beschäftigt. Nachdem seit Wilhelm Müller und Traube das zweideutige Athmen im geschlossenen Raum besonderen Experimenten über Wirkung von Sauerstoffmangel und von zureichend sauerstoffhaltigen CO_2-gemischen Platz gemacht, nachdem für den Sauerstoff die oberen, für die Kohlensäure die unteren, eben Dyspnoe erzeugenden und dann wieder die tödtlichen Partialdrucke aufgesucht, die Störungen des Gaswechsels bis in die Blutgase hinein verfolgt worden sind, nachdem man auch am Circulationsapparat die Folgen gestörter Lüftung des Blutes erforscht hat, — lässt sich, so scheint es wenigstens, das Bild der Erstickung in ziemlich sicheren Umrissen entwerfen, insoweit es sich dabei um Nervencentra, Herz und Gefässe handelt.

Dass Thiere zunächst Dyspnoe, d. h. verstärkte Athembewegungen, zeigen, sowohl wenn ihrer Lunge Kohlensäure, mit genügendem Sauerstoff gemischt, zugeführt wird, als wenn sie den indifferenten Wasserstoff oder Stickstoff mit wenig oder keinem Sauerstoff einathmen, wird heute wohl von allen an unserer Frage betheiligten Forschern zugegeben. Die ersten wirklich genauen Aufschlüsse über beide Arten von Gasgemischen giebt die

noch heute grundlegende Arbeit von Dohmen (8) aus Pflüger's Laboratorium (1864); das grosse Werk von P. Bert „Sur la pression barométrique" ist eine unerschöpfliche Fundgrube von wohl ausgedachten Versuchen, von eigenen und fremden Beobachtungen und Erfahrungen mannigfacher Art, die unser Gebiet berühren; sehr werthvolle Daten, mit Verfolgung von Blutdruck und Respiration und genauen Analysen der einwirkenden Gasgemische bieten endlich die 1878 publicirten Arbeiten von Friedländer und Herter (10).

Die Dyspnoe äussert sich beim Kaninchen vor Allem in Vertiefung der Athemzüge und daher bedeutender Zunahme der Athemgrösse, während, im Gegensatz zur alltäglichen Erfahrung am Menschen, ein Steigen der Athemzahl zwar in erheblichem Maasse eintreten kann, doch bei weitem nicht so constant, wie Wachsen der Athemtiefe; jedenfalls wird sie viel mehr als diese durch Nebenumstände, wie vorhergegangene Frequenz, bestehende sensible oder psychische Erregungen beeinflusst. Vielleicht mag es — im Sinne von Köhler's (48) Erfahrungen bei mechanischen Respirationsstörungen — in Dohmen's Versuchen von dem merklichen Widerstand der Ventile und Wassersäulen herrühren, dass seine Kaninchen in Wasserstoff, Stickstoff oder Gemengen dieser Gase mit Luft fast gar keine Beschleunigung, in Kohlensäure-Sauerstoffgemischen nur in der ersten Minute eine rasch vorübergehende Steigerung der Frequenz zeigten, während Friedländer und Herter bei Kaninchen, die ohne Athmungswiderstände in Glasglocken verweilten, namentlich andauernd bei Sauerstoffmangel, aber auch bei nicht zu plötzlicher starker Kohlensäureeinwirkung (in abgeschlossener Sauerstoffatmosphaere) wenigstens Anfangs grössere Athemzahl constatirten. Haben ja doch, wie Thiry nachweist und auch Traube (49) hervorhebt sowohl W. Müller als späterhin Rosenthal wegen des Widerstandes ihrer Quecksilberventile die Kohlensäuredyspnoe überhaupt nicht beobachten können und daher die Wirkung der Kohlensäure, die ja nie zu den heftigsten Reizungserscheinungen führt, entweder geleugnet, oder, wie noch neuerdings Rosenthal (50), doch möglichst in's Hintertreffen gerückt.

Dem Sauerstoffmangel und der Kohlensäurewirkung ist ferner gemeinsam die bekannte Wirkung auf den Kreislauf, die Gefässcontraction, welche, schon frühe beginnend, im Kampfe mit einer pulsverlangsamenden Vagusreizung schliesslich das Feld behauptet; daraus resultirt eine Erhöhung des Aortendruckes, welche ihrerseits wieder das Herz zu schnellerer Schlagfolge reizt, vorbehalten die etwaige Betheiligung der Nn. accelerantes.

Trotz dieser namentlich in den Anfangsstadien bestehenden Aehnlichkeit muss jedoch der so vielfach gemachte Versuch, die Wirkung der Kohlensäure aus Sauerstoffmangel zu erklären oder umgekehrt, definitiv aufgegeben werden. Weder hindert Sauerstoffmangel den Austritt der Kohlensäure, noch

Kohlensäure die Sättigung des Blutes mit Sauerstoff, wie Pflüger schon 1868 bewiesen hat durch vergleichende Blutgasanalysen bei Hunden, die in Stickgas erstickt, neben solchen, die mit Kohlensäure hoher Spannung vergiftet waren. Auch der Versuch, bei der so rasch Sauerstoff entziehenden Kohlenoxydvergiftung die Dyspnoe aus primärer Herzschwäche und daher Kohlensäureretention wegen Hirnanaemie abzuleiten, findet in den Experimenten von Pokrowsky (51) keine Stütze; die Dyspnoe durch CO erfolgt schon frühe, bei hohem Blutdruck und kräftiger Herzaction. Mit etwaigen bulbärvasomotorischen Theorien, die sich endlich etwa noch in dieser Richtung ausspinnen liessen, brauchen wir uns vollends nicht aufzuhalten, angesichts der fundamentalen Thatsache, dass die Wirkungen des Sauerstoffmangels und der Kohlensäure nur in ihren Anfängen oder ihren schwächsten Graden einander ähnlich sind, im weiteren Verlauf aber weit auseinandergehen. Alle sorgfältigen Beobachter, W. Müller, Dohmen, P. Bert, Friedländer und Herter berichten übereinstimmend, dass unterhalb eines bestimmten Partiardrucks an Sauerstoff, über dessen Grenze allerdings die Angaben schwanken, erst verstärkte Athmung kommt, dann exquisite Dyspnoe, dann zu einer Zeit, wo noch 3—4% Sauerstoff vorhanden sein können, und bis zu welcher Bewusstsein und Reflexerregbarkeit erhalten sind, Erstickungskrämpfe, auf welche nach ganz kurzem Lähmungsstadium der Tod unmittelbar folgt. Dem gegenüber erregt schon ein sehr mässiger Partiardruck von Kohlensäure, der sogar geringer als in normaler menschlicher Exspirationsluft sein kann (50), merklich verstärkte Athmung; 10—12% machen schon lebhafte Dyspnoe, mit tiefer Einathmung und activer Exspiration, und so kann es, wenn für Constanz des Kohlensäuregehaltes gesorgt ist, einige Zeit fortgehen; nimmt aber die Kohlensäure zu, so geht, ohne dass Krämpfe eintreten, die Dyspnoe in die Kohlensäurenarkose über, in welcher das Thier gelähmt, bewusstlos, reflexlos und mit immer selteneren und flacheren Athemzügen daliegt; schliesslich kommt es zu einem Scheintod, aus welchem aber noch ziemlich lange Zeit hindurch durch Einblasung frischer Luft das Thier wieder erweckt werden kann, während ein durch plötzlich eingetretenen Sauerstoffmangel erstickes Thier fast augenblicklich nach dem letzten Athemzuge unrettbar verloren ist.

Interessant ist die neuerdings von Bernstein (53) mitgetheilte und durch Athmungscurven belegte Thatsache, dass Kohlensäure-Luftgemische von 15% CO_2 und darüber bei vagotomirten, zuweilen auch bei normalen Kaninchen vorwiegend die Exspiration verstärken, während Wasserstoffathmung resp. Sauerstoffmangel eine ganz vorwaltend inspiratorische Dyspnoe erzeugt. Einen eleganteren Beweis, dass der Kohlensäure- und der Sauerstoffmangel unabhängig von einander das Athemcentrum beeinflussen, wird man sich kaum wünschen können.

Dass die erhöhte Kohlensäurespannung ferner direct als chemischer Reiz, nicht indirect durch Hemmung irgend welcher Stoffwechselvorgänge, auf das Athemcentrum wirkt, scheint uns deutlich hervorzugehen aus den Zeitmessungen von Berns (54) über das Intervall zwischen einer Kohlensäureeinblasung und dem ersten verstärkten Athemzug. Dabei habe ich die sog. „indirecte" Wirkung von Berns, die sicher vom Athemcentrum herrührt, im Auge, nicht die „directen", reflectorischen, von Knoll (19) bestrittenen Vorläufer. Diese centrale Wirkung tritt beim Kaninchen als Veränderung des spontanen Athmungstypus nach 1·7—2·6 Secunden und als Verkürzung einer Apnoe — wobei der mechanische Factor durch Controlversuche eliminirt war — nach 1·3—2·1 Secunden ein, d. h. so rasch als nur irgend das Lungenblut in die Medulla gelangen konnte; für eine Retention irgend welcher noch zu bildender reizender Stoffwechselproducte bleibt gar keine Zeit. Es wäre interessant, aber nicht leicht, ähnliche Bestimmungen auch für die Sauerstoffdyspnoe zu versuchen, für welche vielleicht die Sache sich anders verhalten mag. Die Vorstellung, dass geringe Spannungsunterschiede an Kohlensäure direct als Reiz wirken oder vorhandene Erregung erheblich steigern, kann Niemand mehr befremden, seitdem durch Pfeffer's neueste schöne Untersuchungen „über Richtungsbewegungen durch chemische Reize" (55) eine so grosse und so fein abgestufte Reizbarkeit vieler Protoplasmen gegenüber gewissen verdünnten Säuren nachgewiesen ist; nach Analogie seiner Erfahrungen über den Einfluss von Concentrationsunterschieden ist sogar zu vermuthen, dass gerade bei geringer CO_2-Tension eine gegebene Spannungsdifferenz ganz besonders wirksam sein wird.

Sind nun aber, so möchten wir weiter fragen, diese Kenntnisse über Erstickung ausreichend, um sofort ein klares Bild über das Zusammenwirken aller Factoren bei der normalen Athmung aufstellen zu können? Werfen wir einen Blick auf die Lehrbücher und die sonstige gangbare medicinische Tageslitteratur, so finden wir, sobald von Athemregulirung die Rede ist, ein eigenthümliches Schwanken. Hier wird die Rosenthal'sche Sauerstofftheorie der Dyspnoe und Apnoe vorgetragen und unsere Klimatologen, gestützt auf P. Bert's mehrfach bemängelte Blutanalysen, spinnen Hypothesen aus über die Heilwirkung der um 20—30 mm Hg verminderten Sauerstoffspannung unserer Höhenkurorte; daneben finden Fränkel und Geppert (56) in luftverdünntem Raum bei einem Partiardruck des Sauerstoffs, der um zwei Fünftheile hinter dem normalen zurückbleibt, unverminderten Sauerstoffgehalt des Blutes und kaum veränderte Respiration. Andere wiederum lehnen sich an Traube an und sprechen mehr von Kohlensäure; diesen muss es etwas unbequem sein, dass nach Bernstein die Kohlensäure exspiratorisch wirken soll, während wir bei jedem Treppensteigen vor Allem tiefer einathmen. Die Behutsameren lassen ein-

fach Sauerstoffmangel und Kohlensäure einträchtiglich zusammen die Athmung reguliren, als ob dies für den Organismus zwei zum Verwechseln ähnliche und analoge Factoren wären. Was den Vagus betrifft, so haben bis jetzt nur die Aufblasungsversuche von Hering und Breuer das Vorrecht, in unseren Anschauungen über normale Athembewegung verwerthet werden zu können; mit dem ganzen Gebiet der inspiratorischen Vaguswirkungen weiss, seit Knoll die Angaben von Berns über reflectorische Erregung durch Kohlensäure ausser Cours gesetzt hat, die Lehre von der normalen Athmung trotz Traube's Hypothesen einfach gar nichts anzufangen. Sollen wirklich diese vagen, unsicheren Umrisse einer Theorie der normalen Athmung das Resultat dreissigjähriger Arbeit so vieler vorzüglicher Forscher sein? Oder fehlt es vielleicht nur an der richtigen Fragestellung, um auch auf diesem Gebiet unzweideutige Antworten zu erhalten?

Wofür ist die normale Athmung der Menschen und der Thiere vorhanden, unter welchen Bedingungen, innerhalb welcher Grenzen hat sie seit unvordenklichen Zeiten functionirt, bevor die Physiologen alle möglichen und unmöglichen Zumuthungen an dieselbe stellten? So wenig unser Auge für das Starren in ein elektrisches Bogenlicht oder das Sehen mit prismatischen Brillen, so wenig ist unser Athmungsapparat für Gasgemische von 15, 30, 50 Procent Kohlensäure, oder für Athmen von reinem Wasserstoff, für die Existenz unter einer Luftpumpe oder für künstliche Einblasungen irgend welcher Art angepasst. Fast möchten wir sagen, mit roher Hand haben wir durch unsere Erstickungsversuche und Nervendurchschneidungen den Mechanismus der Athmung zerlegt und Vieles daraus gelernt; aber um den Apparat wieder im Geiste zusammensetzen zu können, müssen wir fortan wieder mehr als bisher das feine Spiel der Uhr in seinem ungestörten Gange unter möglichst normalen Bedingungen beobachten. Von diesem Gesichtspunkte aus werden wir dazu geführt, wiederum anzuknüpfen an die exacten und sorgfältigen Untersuchungen, welche Vierordt, der kürzlich verstorbene, so verdienstvolle Forscher, vor nunmehr vierzig Jahren über die Athmung des Menschen angestellt hat.

Wenn wir Aufgaben dieser Art heute anders gegenübertreten, als damals, so verdanken wir dies nicht nur dem umfangreichen, der Athmungslehre seither einverleibten Material an Thatsachen, sondern wir haben ausserdem an der Darwin'schen Lehre von der natürlichen Zuchtwahl ein Causalprincip für die Erforschung organischer Einrichtungen gewonnen, welches sich die Physiologie durch keinen Kampf der zoologischen Meinungen wird entreissen lassen. Wie nach Helmholtz (57) der Widerspruch zwischen den optischen Fehlern und der praktischen Vollkommenheit des Auges sich löst, sobald wir annehmen, das Organ sei nicht für seine Function geschaffen, sondern durch seine Thätigkeit entstanden, so werden auch die

Unklarheiten und Paradoxien unserer Athmungslehre verschwinden und die Thatsachen sich schliesslich zum harmonischen Bilde zusammenfügen, sobald man mit Experiment und Reflexion sich in den Grenzen derjenigen Bedingungen und Anforderungen hält, unter welchen der Athemapparat von jeher functionirte, und welche, unserer Anschauung gemäss, bei seiner Ausbildung mitgewirkt haben.

Von äusseren Bedingungen kommt vor Allem in Betracht der Bereich, innerhalb dessen durch atmosphaerische Strömungen und durch Bodenerhebung der Partiärdruck des Sauerstoffs schwankt, während die höchst seltenen Fälle von wesentlich erhöhtem Kohlensäuregehalt der Luft gewiss ausser Betracht fallen. Von inneren Bedingungen ist in erster Linie den Anforderungen energischer Muskelanstrengungen zu genügen, gegenüber welchen die Steigerungen des Gaswechsels durch Verdauung und Resorption, durch Wärmeentziehungen und durch sensible Reize in zweite Linie zurücktreten. Zu den wirksamen inneren Factoren gehören aber auch alle diejenigen Vorkommnisse, welche, im Leben der Species immer wiederkehrend, vorübergehend die Athmung erschweren. So hat vielleicht der Einfluss der Schwangerschaft die Rippenathmung vervollkommnet und sogar die Gefahren, welche der Geburtsact beim Eintritt in das Leben mit sich bringt, mögen einigen Antheil haben an der Ausbildung gewisser auffallend zweckmässiger Erscheinungen, welche der Circulationsapparat bei der Erstickung zeigt.

So berechtigt und nothwendig es ferner war, die Wirkungen des Sauerstoffmangels und der Kohlensäure in gesonderten Versuchen zu prüfen, so giebt es mit Ausnahme der Erhebung auf hohe Berge oder in das Luftmeer keinen bei Thieren häufig und natürlich vorkommenden Fall, in welchem nicht für beide Gase gleichzeitig erhöhte Anforderungen an die Athmung gestellt werden, in einem Verhältniss, das auf die Dauer dem respiratorischen Quotienten entspricht, von welchem es aber vorübergehend etwas abweichen kann. Sollte nicht zwischen dem Sauerstoffmangel und der Kohlensäurestauung, deren von einander unabhängige Wirkung man so laut betont, doch noch irgend eine besondere Beziehung vorliegen?

Sowohl einer neuen Maschine, wie auch einem organischen Apparate gegenüber, die auf gleichmässige Leistung regulirt sind, ist die erste Frage: Welches ist der Factor, dessen Constanz oder gleichförmige Periodicität erstrebt wird, und welche Factoren hinwiederum helfen als dienende Glieder diesen regelmässigen Gang erreichen, indem sie ihre Inconstanz den unvermeidlichen inneren und äusseren Störungen compensatorisch anpassen? Beides zusammen kann unmöglich von einem Theile geleistet werden, ohne die Vollkommenheit der Regulirung preiszugeben. Sollte es nicht

an der Zeit sein, auch gegenüber den beiden Hauptcomponenten des Lungengaswechsels diese Frage etwas schärfer als bisher zu formuliren?

Wenn wir uns erinnern, wie rasch die Einathmung reinen Wasserstoffgases das Leben vernichtet, während eine hohe Kohlensäurespannung, wie sie bei keiner Erstickung erreicht wird, nur langsam, fast schleichend tödtet, so dass auch der so rasch tödtliche Verlauf der Kussmaul-Tenner'schen Hirnanämie auf Sauerstoffmangel beruhen muss, — wenn wir ferner durch die hochwichtigen Untersuchungen von Ehrlich (58) erfahren, dass das Gehirn zu den relativ sauerstoffgesättigtsten Organen gehört, führt uns dies nicht auf den Gedanken, dass die Athmung sich vielleicht vor Allem gerade das Ziel setzt, dem Gehirn unter allen Umständen ein recht hoch gegriffenes Minimum von Sauerstoffzufuhr zu garantiren, statt für einen Zweck, der durch untergeordnete und ungefährliche Einrichtungen besorgt werden kann, mit dem Messer am Lebensfaden herumzuspielen? Die Kohlensäure hinwiederum eignet sich trefflich, um als Regulator zu dienen, bei ihrer auffallend erregenden Wirkung schon in grosser Verdünnung und bei der Langsamkeit, mit welcher erst ihre excessive Anhäufung das Leben bedroht.

In dieser Hinsicht schien es mir von Interesse, zu untersuchen, wie gross die Empfindlichkeit der normalen Athmung des Menschen gegen Aenderungen der Kohlensäurespannung sei, und zwar prüfte ich, um jeden Einfluss variabler schädlicher Räume und unvollkommener Mischung der Luftschichten zu eliminiren, direct die Alveolenluft, indem ich dieselbe in dem Augenblicke sammelte, wo ein begrenztes Volumen Athemluft durch die Ein- und Ausathmung gerade so weit verschlechtert war, dass die graphisch verzeichnete Athemcurve die ersten vertieften Athemzüge anzeigte. Die Athmung erfolgte bei verschlossener Nasenöffnung durch ein gut schliessendes Mundstück in einen geschlossenen Kasten von etwa 25 Liter; der letztere communicirte, nach Art des Aëroplethysmographen von Gad, mit einem gewöhnlichen sehr gut aequilibrirten und leicht gehenden Spirometer, dessen Glocke eine Schreibspitze trug. Ein Widerstand war subjectiv gar nicht oder kaum eben zu bemerken, ein Wassermanometer am Mundstück zeigte Druckschwankungen von 3—5 ^{mm} bei mässig verstärkter, fast gar keinen Ausschlag bei sehr ruhiger Athmung. Der Kasten enthielt entweder reine, oder mit 1—1$^1/_2$ $^0/_0$ Kohlensäure versetzte oder mit letzterer unter Zusatz von einigen Volumprocenten Sauerstoff gemengte Luft; um den Einfluss der Psyche zu eliminiren, waren zwei ganz identische Apparate dieser Art mit dem Mundstück verbunden und konnten durch einen Hahn verwechselt werden, während bei einer dritten Stellung des Hahns freie Luft geathmet wurde. Die Anordnung der Versuche geschah in der Weise, dass die Versuchsperson nicht wusste, ob sie reine oder kohlensäurehaltige Luft inspirirte, ob sie nach einer Zwischenpause mit freier Luft nachher

wieder in einen frischen oder einen schon gebrauchten Kasten athmete. In der That traten die ersten vertieften Athemzüge in diesen verschiedenen Fällen, der Versuchsperson oft kaum bewusst, nach sehr verschiedener Zeit auf, und zwar ganz vorwiegend, oft ausschliesslich als Verstärkung der Inspiration; erst bei bedeutend höherem Kohlensäuregehalt fühlte man etwas Anspannung von Bauchmuskeln. Um die Luftprobe zu gewinnen, wurde, unter steter Controle der Athemcurve, in der letzten Phase einer solchen vertieften Exspiration, die bereits mindestens 400 ccm Luft betragen hatte, plötzlich der Kasten abgeschlossen und der Hahn eines mit dem Mundstück ohne jeden schädlichen Raum verbundenen, in der Wanne stehenden Bunsen'schen Quecksilbergasometers geöffnet. Dabei wurde etwa eine Secunde lang unter Erhaltung positiven Druckes noch weiter in denselben exspirirt (also Reserveluft). Die Gasanalysen wurden, nach Bunsen, in langen Absorptionsrohren, ausnahmslos doppelt ausgeführt.

Ich behalte mir vor, die Einzelheiten dieser und anderer Versuche über den Gaswechsel in der menschlichen Lunge an anderer Stelle ausführlich zu schildern. Uns interessirt zunächst hier das Ergebniss, dass fast in allen Fällen, wo die Luftprobe wirklich nach den ersten 2—3 verstärkten Inspirationen entnommen wurde, die analysirte Lungenluft zwischen 6·0 und 6·4% Kohlensäure (trocken berechnet) enthielt, auch dann, wenn der Sauerstoffgehalt mehrere Procent höher war, als in gewöhnlicher Exspirationsluft. Die erhaltenen CO_2-Ziffern sind aber jedenfalls noch zu hoch; denn der Sicherheit wegen wurden 2—3 verstärkte Athemzüge abgewartet. Falls wir die Wirkungen für centrale halten müssen — einstweilen bleibt uns nichts anderes übrig —, so hat sich auch, während das Blut zum Gehirn strömte, die Luft noch weiter verschlechtern können. Wenn es gelingt, den so geringen Widerstand noch vollends wegzuschaffen, so enthüllt sich uns vielleicht erst das feinste Spiel des Athemapparates, worin der Kohlensäurereiz als wahre Mikrometerschraube den Grad der Athemthätigkeit einstellt und gegenüber welchem der von uns zur Luftanalyse gewählte Moment schon als eine ziemlich grobe Dyspnoe gelten muss.

Ueberlassen wir die genauere Feststellung der Decimalstellen späteren Mittheilungen und vergleichen wir damit die Zusammensetzung der Alveolenluft bei ruhigem Athmen, für welche ich ausser einer Durchschnittsziffer von Vierordt 5.43% (59) noch zwei nach eigener Methode angestellte Einzelanalysen besitze, welche 5·35 und 5.28% ergaben, so gelangen wir zum Ergebniss, dass bereits eine ziemlich grobe dyspnoïsche Verstärkung der Athemzüge sichtbar wird, wenn der Kohlensäuregehalt der Lungenluft um erheblich weniger als 1% steigt; das ganze feinere ruhige Spiel der Anpassungen an leichtere Stoffwechseländerungen, je nach Temperatur, Nahrungsaufnahme u. s. w. läuft sehr wahrscheinlich innerhalb weniger Zehntelprocente

Kohlensäureschwankung ab. Wenn die Aenderungen des Sauerstoffgehaltes an Feinheit der Wirkung damit concurriren sollten, so müssten schon mit den Witterungsschwankungen des Barometerstandes unsere Athmungsbewegungen merklich sich ändern, vom Ersteigen auch nur mässiger Höhen gar nicht zu reden.

Es ist hier der Ort, es auszusprechen, dass wir über die seit Marshall Hall und Traube so vielfach vermutheten und niemals bewiesenen inspiratorischen Vaguserregungen durch normale Kohlensäurespannungen trotz Knoll's Kritik gegen Berns die Acten immer noch nicht als geschlossen erachten; ein fein eingestellter schwacher Reiz, der doch fühlbar in das zarte Wechselspiel der erregenden, hemmenden Kräfte eingreift, kann unseren bisherigen groben Versuchen ganz wohl entgangen sein. Wie so vielen Forschern über Athembewegungen, so will es auch uns widerstreben, irgend eine Theorie der normalen Athmung als vollständig und fertig anzuerkennen, in welcher neben dem hemmenden und exspiratorischen nicht auch der inspiratorische Vagusreflex seine nothwendige Stelle einnimmt.

Man hat sehr viel Gewicht der Frage beigelegt, ob und unter welchen Umständen sich das Blut in der Lunge mit Sauerstoff völlig sättige, und sicherlich ist der, im Gegensatz zu P. Bert, durch Fränkel und Geppert geführte Nachweis, dass noch bei 42^{cm} Luftdruck das Arterienblut normalen Gasgehalt besitzen kann, von grösster Wichtigkeit, und im Einklang mit den Angaben von W. Müller (60) und allen späteren Autoren über Athmen in sauerstoffarmer Luft. Der Ueberschuss der Sauerstofftension der Lungenluft über die Dissociationsspannung des Oxyhaemoglobins ist der schützende Wall, welcher Menschen und Thiere innerhalb weiter Grenzen vor den Folgen der Schwankungen des Luftdruckes bewahrt. So wenig ich indess die Angaben von Herter über die hohe Sauerstoffspannung des Arterienblutes normal athmender Hunde beanstande, so sind jedoch nach gewiss exacten Versuchen in Pflüger's Laboratorium merklich weniger vollständige, unter sich ziemlich abweichende Sättigungsgrade gefunden worden (61), von den Analysen P. Bert's und Anderer gar nicht zu reden. Insbesondere für die Erklärung der Apnoe hat man sich auf die gesteigerte Sauerstoffmenge, und noch mehr auf die erhöhte Sauerstoffspannung und deren Wirkung auf das Gehirn gestützt (31).

Dem gegenüber muss ich betonen, dass es viel wichtiger wäre, zu wissen, wie das Blut aus dem Gehirn abfliesst, als ob es mit 0·1, oder 0·9 oder selbst mit 2% Sauerstoff mehr hinein kommt. Das bischen Sauerstoff, welches etwa physikalisch absorbirt sein könnte, geht mit der ersten Spur vom Consum verloren und mit ihm stürzt das ganze Kartenhaus von hoher Sauerstoffspannung. Für die Sauerstofftension in der Nähe der Nervenzellen ist vielmehr maassgebend eine Art Mittelwerth aus sämmtlichen Span-

nungen aller zunächst benachbarten Blutbahnen, innerhalb welcher von den Arterien zu den Venen mit dem Sättigungsgrad auch die Sauerstoffspannung abnimmt. Wegen der grösseren Oberfläche der venösen Strombahn wird aber diese den respirirenden Zellen zu Gute kommende Spannung viel näher der Sauerstofftension des Venenblutes, als derjenigen des Arterienblutes liegen. Gerade dasjenige Blut, welches wegen langsamen Strömens durch die Lunge sich mit Sauerstoff nicht nur chemisch, sondern sogar physikalisch fast sättigen konnte, wird das Gehirn sauerstoffärmer machen; wenn aber das Herz sein Blut so rasch durch die Lunge jagt, dass es der Eile wegen um 1—2 Volum$^0/_0$ zu wenig Sauerstoff bekommt, wird das Gehirn in einer Fülle von Lebensluft schwelgen. Hätten wir bequeme und scharfe Methoden, um auch den kleinsten Variationen dieser an sich kleinen Sättigungsdifferenz nachzugehen, so wäre ein vorzügliches Mittel gefunden, um gewisse Aenderungen der Geschwindigkeit des Gesammtkreislaufs zu verfolgen. Von diesem Standpunkt aus, dass die Kreislaufgeschwindigkeit alle diese Verhältnisse beherrscht, dürfen wir schliesslich auch zugeben, dass das Blut eines Engadiners vielleicht gelegentlich ein wenig mehr hinter der Sättigung zurückbleibt, als das eines Thalbewohners bei derselben flüchtigen Steigerung der Herzarbeit, ohne dass dies irgend etwas zu bedeuten hat.

Dennoch kommen gewiss Zustände von Sauerstoffmangel im Gehirn auch bei gesunden Menschen vor; der Schwindel, die ohnmachtähnliche Erschöpfung nach sehr forcirten Muskelanstrengungen, wie auch das *Mal de montagne* gehören gewiss hierher; sie sind, wie jetzt fast allgemein zugegeben wird, Symptome von Erschöpfung des Herzens, welches seinen Dienst versagt und der Ruhe bedarf, und haben mit der Sauerstoffspannung in der Lunge, ausgenommen auf sehr hohen Bergen, nichts zu thun.

Allerdings giebt es ja nach W. Müller, Dohmen, P. Bert, Friedländer, Herter auch eine Dyspnoe durch Sauerstoffmangel, welche eintreten wird, sobald eine irgendwie unvollkommene Sättigung des Haemoglobins nicht durch vermehrte Kreislaufgeschwindigkeit compensirt wird. Wenn wir es seiner Zeit als sicher festgestellt bezeichnet haben, dass diese Dyspnoe eine selbständige Erscheinung ist, so soll damit die Möglichkeit, ja sogar Wahrscheinlichkeit nicht geleugnet werden, dass eine tiefere Verwandtschaft beider Wirkungen besteht, dass vielleicht unverbrannt bleibende CO-OH-Gruppen der Protoplasmamolecüle oder vielleicht sogar besondere fertig gebildete Säuren nach Analogie der CO_2 erregend wirken. Aber wie mangelhaft, wie ungenügend abgestuft ist diese Selbsthülfe des Sauerstoffmangels und wie bald folgen auf die ersten Reizungserscheinungen schon die Vorboten des Todes! Die Einwirkung des Sauerstoffmangels auf das Gehirn, als Folge von Circulationsstörungen allgemeiner oder localer Natur, spielt sicherlich in der Pathologie eine grosse und unheilbringende Rolle, und die

Kussmaul-Tenner'schen Versuche zeigen, dass es dabei auch zur Erregung verstärkter Athembewegungen kommen kann. Wo aber unter normalen Bedingungen, durch plötzliche Steigerung des Sauerstoffverbrauchs, die Gefahr eines zu raschen Consums in der Lunge vorliegen könnte, ist die oben erwähnte Steigerung der Herzarbeit und Stromgeschwindigkeit immer vorhanden und kehrt die gefürchtete Wirkung auf das Gehirn sogar meist in das Gegentheil um; so bei Muskelarbeit und bei starken sensiblen Erregungen.

Sobald irgend eine grössere Muskelgruppe in Thätigkeit geräth und ihr erstes dunkleres Venenblut in die Lunge gelangt, bevor noch den Blutkörperchen das Mindeste an Sättigung abgebrochen wird, ist schon die Kohlensäure geschäftig wirksam, und schon ihre erste Vorhut bereitet für die später ankommenden grösseren Massen dyspnoisch verstärkte Athemzüge vor; diese wiederum, mechanisch, und vielleicht noch auf anderen Wegen, wirken auf die Organe des Kreislaufs; noch mehr aber wirkt die Muskelbewegung selbst auf die Füllung des Herzens, und der keuchende Ferien-Bergsteiger aus der Stadt ahnt wohl nicht, dass er gerade jetzt beschäftigt ist, sein müdes Gehirn mit Sauerstoff auszuspülen und die wohlthätige Lebensluft in die von der Blutbahn abgelegensten Winkel zu senden, wo noch Nervenzellen im Zustand halber Erstickung kränkeln.

So breitet die Kohlensäure ihre schützenden Fittige über das Sauerstoffbedürfniss des Körpers aus; namentlich sorgt sie für das Gehirn, das beim Warmblüter aus unbekannten Gründen keinen Augenblick der Lebensluft entbehren kann, während Haut und Muskeln halbe Stunden lang die Ischaemie der Esmarch'schen Binde ertragen. Vieles ist noch zu thun für das Studium der besonderen vasomotorischen Einrichtungen, welche offenbar in gesetzmässiger Abstufung durch die verschiedenen Grade der Kohlensäurespannung im Gang gebracht werden.

Für die Sicherheit und Feinheit, mit welche der Kohlensäurereiz seine Aufgabe erfüllt, ist es ferner gerade vortheilhaft, dass die Lunge nicht zu gut functionirt und dass das Arterienblut schon normal in das Athemcentrum mit einer ziemlich bedeutenden Kohlensäurespannung einströmt, deren Aenderung durch den Stoffwechsel des Gehirns selbst vielleicht relativ unbedeutend ist. Vielleicht liegt eine nur geringe Kohlensäurebildung sogar von Natur im Chemismus der Nervensubstanz. Sollte sich die erstgenannte Voraussetzung bestätigen, so wäre darin, ganz im Gegensatz zum Sauerstoff, eine relative Unabhängigkeit des Athemreizes von dem Blutstrom im Gehirn gegeben und es wäre innerhalb gewisser Grenzen annähernd der Athemreiz auf die CO_2-spannung des arteriellen Blutes, ohne Rücksicht auf die Kohlensäuremenge resp. Blutmenge eingestellt. So leicht die Athembewegungen psychisch und reflectorisch zu beeinflussen

sind, — für ein Abhängigkeitsverhältniss, nach welchem jede kleine Schwankung der Herzarbeit und des Hirnblutlaufes sofort sich in den Athemcurven spiegeln müsste, ist die normale Athmung, wie mir scheint, viel zu regelmässig; ich halte eine Einrichtung, wie die oben geschilderte, für sehr wahrscheinlich; doch bedarf dieser Gesichtspunkt noch näherer Prüfung.

Auch die Kohlensäure ist ein Gift und es muss für ihre Entfernung gesorgt sein. Aber selbst bei gehemmter Athmung oder bei der übertriebensten Steigerung der Production drängt sie sich mit ihren Ansprüchen nicht zu sehr in den Vordergrund; sobald, bei übertriebener Muskelanstrengung, Blut mit höherer Kohlensäurespannung als sonst in's Aortensystem gelangt, beginnt die Retrodiffusion in die Säfte und Gewebe und während die CO_2-Spannung in der Lunge sich in mässigen Grenzen hält, vertheilen sich Massen von Kohlensäure im Gesammtkörper, aus welchem sie bei wiederkehrender Ruhe langsam in das Blut zurücktreten und diese ganze Zeit hindurch, als Nachwirkung der Muskelaction, die verstärkte Athmung unterhalten.

Aber auch dann lässt die Kohlensäure den Organismus nicht im Stich, wenn die ernste Stunde der Gefahr eintritt, und, sei es unter der Geburt, sei es im späteren Leben die Erstickung droht. Hier gilt es, mit dem kleinen Vorrath von Sauerstoff, im Blute oder beim Geborenen auch in der Lungenluft, zu haushalten und vor Allem dasjenige Organ zu versorgen, welches — mittelst der Athmungs- und Gefässnervencentra — das Leben beherrscht und das seinerseits der Lebensluft, wenn auch vielleicht in bescheidener Menge, doch in jedem Augenblicke bedarf, sowie das Herz, ohne dessen Triebkraft auch das Gehirn hilflos ersticken müsste.

Hier treten nun jene merkwürdig vertheilten Erregungen verschiedener vasomotorischer Centra auf, vermöge deren die Hautgefässe sich erweitern, während die Arterien der Abdominalorgane sich so sehr verengern, dass trotz jener Erweiterung der arterielle Blutdruck steigt, bis er durch eine gleichfalls dyspnoische Vagusreizung gemässigt wird. Diese Aenderung der Blutvertheilung geschieht nicht umsonst. Der Satz, dass der Gaswechsel eines Organes nur von der Erregung und Function abhängig, vom Blutstrom dagegen in weiten Grenzen ziemlich unabhängig sei, gilt zunächst für den lebenskräftigen Muskel und wohl auch für das Nervensystem; für andere Organe fehlt es hierfür noch durchaus an Beweisen. Es giebt sauerstoffgierige Gefässbezirke, wie der doppelte Portalkreislauf, vor Allem die so energisch reducirende Leber (Ehrlich), deren Chemismus dem zügelnden Einfluss des Nervensystems viel weniger unterworfen ist, und die das durchfliessende Blut an Sauerstoff gewiss gehörig brandschatzen. Wenn z. B. Zuntz (62) bei Kaninchen nach Darreichung von grossen Dosen Glaubersalz den Sauerstoffverbrauch um 10—15 Procent steigen sah, kann

dies nicht noch weit einfacher, als durch gesteigerte „Arbeit des Darmkanals und seiner Drüsen", dahin gedeutet werden, dass der Reiz des Ingestum eine Hyperaemie des Darms und einen stärkeren Blutstrom durch die sauerstoffgierige Leber erzeugt habe?

Daneben giebt es genügsame Bezirke wie die Haut, aus welchen das Blut, überwiegend den Zwecken der Wärmeregulirung dienend, wohl den grössten Theil seines Sauerstoffs wieder in's Herz zurückbringen wird. Je mehr Blut durch die Haut fliesst, desto mehr Sauerstoff ist für diesmal gespart und kann im nächsten Blutumlauf noch dem Gehirn zugeführt werden; daher die wohlthätige Wirkung des warmen Bades, welches hellrothes Venenblut erzeugt (63), bei drohender Asphyxie. Leber und Darm, mit Rücksicht auf die Resorption überreich vascularisirt und an grosse Schwankungen gewöhnt, sowie das Pankreas, ohnehin im unthätigen Zustand ziemlich abgesperrt und blutleer, werden sich schon eine Weile mit reducirter Blutzufuhr behelfen können.

Wenn nicht Alles trügt, so liegt in der Ersparung von Sauerstoff für Gehirn und Herz das teleologische Princip für diese vasomotorischen Erstickungserscheinungen. Ein zweites ersparendes Moment tritt ferner auf, wenn die Erstickung, bei ansehnlichem Luftvorrath in der Lunge, langsam erfolgt; alsdann erreicht durch Retrodiffusion die Kohlensäure in den Nervencentra eine Spannung, bei der sie ihre narkotische Wirkung entfaltet, wodurch, wie man aus den Versuchen von Raoult und Anderen schliessen darf (64), der Stoffwechsel und Sauerstoffverbrauch derjenigen Organe, die unter directem Nerveneinfluss stehen, ganz bedeutend sinkt, auch die Nervencentra zu minimen Leistungen, und damit zu minimen Ansprüchen an Sauerstoff herabgestimmt werden. So bietet die Kohlensäure Alles auf, soviel in ihren Kräften steht, damit so lange als möglich der letzte Funke weiter glimme, welchen ein rettender Hauch wieder zu vollem Leben anfachen kann.

Litteratur.

1) Gierke, Pflüger's *Archiv für die gesammte Physiologie* u. s. w. Bd. VII. S. 538. — Rokitansky, *Wiener medicinische Jahrbücher.* 1874. S. 30. — Schroff, *Ebenda.* 1875. S. 319. — Langendorff und Nitschmann, *Dies Archiv.* 1880. S. 518. — Kronecker und Marckwald, *ebenda.* 1879. S. 593. — Fredericq, *ebenda.* 1883. Suppl.-Bd. S. 51.

2) Schwartz, *Die vorzeitigen Athembewegungen.* Leipzig 1858.

3) I. Rosenthal, *Die Athembewegungen und ihre Beziehungen zum N. vagus* Berlin 1862. S. 2 ff.

4) A. W. Volkmann, *Dies Archiv.* 1841. S. 342.

5) Vierordt, Wagner's *Handwörterbuch.* Bd. II. S. 912.

6) Traube, *Gesammelte Beiträge zur Pathologie und Physiologie.* Bd. I. S. 282 und 452. — Marcuse, *De suffocationis imminentis causis.* Diss. inaug. Berolini 1858. — *Allgemeine medicinische Centralzeitung.* Mai 1862.

7) Rosenthal, a. a. O. S. 3.

8) Dohmen, Pflüger's *Untersuchungen aus dem physiologischen Laboratorium zu Bonn.* Berlin 1865. S. 83.

9) P. Bert, *Sur la pression barométrique.* 1878. p. 706 et 994.

10) Friedländer und Herter, *Zeitschrift für physiologische Chemie.* Bd. II. S. 99. Bd. III. S. 19.

11) Rosenthal, in Hermann's *Handbuch der Physiologie.* Bd. IV. 2. Abth. S. 265.

12) Rosenthal, *Athembewegungen.* S. 158. — *Dies Archiv.* 1870. S. 423.

13) Thiry in *Recueil des travaux de la société médicale allemande.* Paris 1865. S. 59.

14) Rosenthal, Studien über Athembewegungen. II. *Dies Archiv.* 1865. S. 191.

15) Schiff, *Lehrbuch der Muskel- und Nervenphysiologie.* S. 413. Vergl. später eine verwandte Anschauung bei Traube, *Gesammelte Beiträge.* Bd. II. S. 890 und *Berliner klinische Wochenschrift.* 1869. Nr. 27.

16) *Athembewegungen.* S. 132. — *Dies Archiv* 1881. S. 61.

17) Burkart, Pflüger's *Archiv* u. s. w. Bd. I. S. 107.

18) Langendorff, *Mittheilungen aus dem Königsberger physiologischen Laboratorium.* Königsberg 1878. S. 33. — *Dies Archiv.* 1879. Suppl.-Bd. S. 48. — Knoll, *Wiener Sitzungsberichte.* Bd. LXXXVI. Abth. 3. — Gad, *Dies Archiv* 1881. S. 538.

19) Knoll, *Wiener Sitzungsberichte.* Bd. LXVIII. Abth. 3.

20) *Ebenda.* 1868.

21) Guttmann, *Dies Archiv.* 1875. S. 502. — Lockenberg, *Arbeiten aus Würzburger physiologischen Laboratorium* ed. A. Fick. Lfg. II. S. 199. — Gad, *Dies Archiv.* 1880. S. 23.

22) Rosenthal, *Athembewegungen.* S. 93. — *Dies Archiv.* 1880. Suppl.-Bd. S. 45.

23) Gad, *Dies Archiv.* 1880. S. 15.

24) Thiry, a. a. O. S. 59.

25) P. Hering, *Zusammensetzung der Blutgase während der Apnoe.* Dissertation. Dorpat 1867.

26) Pflüger's *Archiv* u. s. w. Bd. VII. S. 575.
27) *Dies Archiv.* 1879. S. 238.
28) Pflüger's *Archiv* u. s. w. Bd. I. S. 100.
29) *Ebenda.* S. 101.
30) *Ebenda.* Bd. XVI. S. 7 und 38.
31) *Ebenda.* B. VII. S. 579.
32) *Ebenda.* Bd. XIV. S. 6.
33) Berns, *Over den invloed van verschillende Gassoorten op de Ademhaling.* Leiden 1869.
34) Pflüger's *Archiv* u. s. w. Bd. XXV. S. 379.
35) *Wiener Sitzungsberichte* 1870. Bd. LXII.
36) *Dies Archiv.* 1869. S. 236.
37) *Dies Archiv.* 1883. Suppl.-Bd. S. 65.
38) Rosenbach, *Studien über den N. vagus.* Berlin 1877. S. 131.
39) *Comptes rendus de la societé de Biologie.* 1871. p. 135.
40) *Dies Archiv.* 1873. S. 366.
41) *Wiener Sitzungsberichte.* Bd. LXXXV. Abth. 3. (S.-A. S. 14).
42) *Archives de physiologie normale et pathologique.* 1872. p. 204.
43) *Zeitschrift für physiologische Chemie.* Bd. III. S. 105.
44) *Ebenda.* S. 98.
45) Gad, *Ueber Apnoe.* Würzburg 1880. — *Dies Archiv.* 1880. S. 28. — Fredericq, *Sur la théorie de l'innervation respiratoire.* Bruxelles 1870. (Acad.) S. 17. — Knoll, *Wiener Sitzungsberichte.* Bd. LXXXVI. Abth. 3. (S.-A.: Ueber Apnoe.)
46) *Apnoe.* S. 12.
47) *Biologisches Centralblatt.* 1881. S. 743.
48) *Archiv für experimentelle Pathologie.* Bd. VII. S. 1.
49) Tiry, a. a. O. S. 71. — Traube, *Gesammelte Beiträge.* I. S. 459.
50) Artikel „Athembewegungen" in Hermann's *Handbuch der Physiologie* Bd. IV. 2. Abth. S. 261 ff.
51) *Dies Archiv.* 1866. S. 65.
52) *Zeitschrift für physiologische Chemie.* Bd. II. S. 123.
53) *Dies Archiv.* 1882. S. 313.
54) A. a. O. S. 29 u. 56.
55) Pfeffer, *Untersuchungen aus dem botanischen Institut zu Tübingen.* 1884. Bd. I. Hft. 3.
56) Fränkel und Geppert, *Ueber die Wirkungen der verdünnten Luft.* Berlin 1883. S. 47.
57) Helmholtz, *Populär-wissenschaftliche Vorträge.* Hft. II. Aufl. II. S. 28.
58) Ehrlich, *Das Sauerstoffbedürfniss des Organismus.* Berlin 1885.
59) Vierordt, *Physiologie des Athmens.* S. 135.
60) W. Müller, Beiträge zur Theorie der Respiration. *Sitzungsberichte der kaiserl. Akademie.* 1858. Bd. XXXIII. S. 99.
61) Pflüger's *Archiv* u. s. w. Bd. I. S. 73. Bd. XIV. S. 6.
62) *Ebenda.* Bd. XV. S. 636.
63) Finkler und Oertmann, Pflüger's *Archiv* u. s. w. Bd. XIV. S. 70.
64) Raoult, *Comptes rendus* etc. t. LXXXII. p. 1101. (1876.) — Vergl. ferner P. Bert, a. a. O. p. 1003. — Ueber relative Anpassung an O-arme und zugleich CO_2-reiche Luft vergl. Cl. Bernard, *Substances toxiques et médicamenteuses.* p. 121 u. ff. (1857.)

Ueber den axialen Nervenstrom.

Von

Maurice Mendelssohn.

(Aus der physikalischen Abtheilung des physiologischen Instituts zu Berlin.)

Dass zwei beliebige Querschnitte des ruhenden Nerven Sitz einer elektrischen Potentialdifferenz sind, hat bereits Hr. du Bois-Reymond gezeigt und sich auf seine Untersuchungen stützend die Vermuthung geäussert, dass dieser Querschnittsstrom im Nerven auch gesetzmässigen Regeln unterliegt und vielleicht sogar einen gewissen Bezug auf die Art und Function des Nerven hat. Er sagt:[1] „Ich glaube aber auch einen beständigen Unterschied der Negativität des oberen und des unteren Querschnittes zu Gunsten des ersteren am Ischiadnerven des Frosches beobachtet zu haben, so dass beim Auflegen beider Querschnitte der Nerv einen absteigenden Strom giebt, beim Auflegen zweier Längsschnittspunkte der Aequator abwärts verschoben erscheint.“ Dasselbe sah Hr. Léon Fredericq bei seinen im hiesigen Laboratorium an Warmblüternerven angestellten elektromotorischen Kraftmessungen.[2] Die Frage war aber durch diese Versuche noch nicht endgültig erledigt und wurde letztens in den von Hrn. E. du Bois-Reymond an lebenden Zitterrochen in Berlin angestellten Versuchen neuen Prüfungen unterzogen. An den elektrischen Nerven fand Hr. du Bois-Reymond durchweg grössere Negativität des peripherischen Querschnittes gegen den Aequator, so dass der Strom von Querschnitt zu Querschnitt

[1] *Gesammelte Abhandlungen zur allgemeinen Muskel- und Nervenphysik.* Bd. II. S. 196.

[2] *Dies Archiv.* 1880. S. 68. Anm.

stets eine aufsteigende Richtung hatte. Diese ausnahmslose Erscheinung führte Hrn. du Bois-Reymond zu der Aeusserung, „dass jetzt diese Untersuchung an verschiedenen Nerven, sowohl centripetal wie centrifugal thätigen und gemischten, wieder aufzunehmen ist. Es wird sich bald herausstellen, worum es sich handele: ob um eine Eigenthümlichkeit der elektrischen Nerven, ob um ein mit deren centrifugaler Function zusammenhängendes Grundgesetz, oder endlich, ob um einen allen Nerven gemeinsamen und nur in Ernährungsverhältnissen begründeten mehr gleichgültigen Unterschied.“[1]

Um diese Frage zu lösen, unternahm ich auf Veranlassung des Hrn. Prof. E. du Bois-Reymond eine Reihe von Untersuchungen, in welchen ich die Richtung und die elektromotorische Kraft des von Querschnitt zu Querschnitt in verschiedenen Nerven fliessenden Stromes zu bestimmen suchte. Die Lösung der Frage bezüglich der Richtung dieses fortan als „Axialstrom“ zu bezeichnenden Stromes in Vergleich mit der centripetalen oder centrifugalen Function der Nerven erheischte vor allen Dingen die Feststellung der Richtung dieses Stromes in den vorderen und hinteren Rückenmarkswurzeln, was ich bei Fröschen und Kaninchen ausgeführt habe. Ausserdem untersuchte ich das Verhalten des Axialstromes in rein centripetal wirkenden sensoriellen Nerven beim Fische, auch in gemischten Nerven am N. ischiadicus beim Frosche und Kaninchen; bei den letzteren habe ich auch einige Muskeläste des N. ischiadicus untersucht. Bevor ich auf die von mir erhaltenen Resultate näher eingehe, erlaube ich mir einige Bemerkungen über die von mir angewandte Versuchsanordnung vorauszuschicken.

Versuchsanordnung.

Alle Versuche wurden mit den üblichen, von E. du Bois-Reymond angegebenen Methoden angestellt. Beide Querschnitte eines Nerven wurden mit grosser Sorgfalt an die Thonschilde der Bäusche gelegt und der sich erzeugende Strom wurde durch die Zuleitungsgefässe einer sehr empfindlichen Wiedemann'schen Spiegel-Bussole, deren Hydrorollen auf Null waren, zugeleitet. Hohe Empfindlichkeit der stromprüfenden Vorrichtungen ist namentlich bei Wahrnehmung der verhältnissmässig schwachen Axialströme der Rückenmarkswurzeln der Frösche unerlässlich.

[1] *Sitzungsberichte der Akademie der Wissenschaften zu Berlin.* 1884. Bd. I. S. 230 ff; — *Mathematische und naturwissenschaftliche Mittheilungen.* 1884. S. 136; — *dies Archiv,* oben, S. 135.

Die Beruhigungzeit des eben aperiodischen Magnetes ($\varepsilon = n$) betrug 6″; der Abstand des Spiegels vom Nullpunkt der Fernrohrscala 250 cm. Stets war auf das Sorgfältigste für Gleichartigkeit der Zuleitungsgefässe gesorgt, so dass dieselben meist keinen oder nur einen verschwindend kleinen Strom (1—4 Scalentheile bei der grössten Empfindlichkeit der Bussole) zeigten, aber auch dieser verschwindend kleine Strom wurde immer mittelst des runden Compensators compensirt.

Die elektromotorische Kraft des Axialstromes wurde nach dem bekannten von E. du Bois-Reymond angegebenen Compensations-Verfahren bestimmt und in Bruchtheilen eines Raoult'schen Elementes (Kupfer in Kupfersulfatlösung einerseits und Zink in Zinksulfatlösung andererseits) ausgewerthet. Das Verfahren ist neuerdings von seinen Urheber etwas modificirt worden. In seinen, wie in Prof. Christiani's Versuchen, über welche noch näher berichtet werden wird, hat es immer deutlicher sich herausgestellt, dass es keine Hydro- oder Thermokette von hinreichend constantem wesentlichen Widerstand giebt, um bei dem sehr geringen Widerstande des Nebenschliessdrahtes am runden Compensator, eine Graduationsconstante der Anordnung ein für allemal bestimmen zu können. Es erscheint vielmehr nothwendig, dies in jedem einzelnen Versuch unmittelbar vor, oder noch besser vor und nach der Messung thun zu können. Hierzu dient folgender Kunstgriff. Es sei

R die elektromotorische Kraft des Raoult;

W der Widerstand des Kreises ohne den Nebenschliessdraht des Compensators;

J die Stromstärke beim Ausschluss des Nebenschliessdrathes;

J_1 die Stromstärke mit dem Nebenschliessdraht;

y die zu bestimmende elektromotorische Kraft;

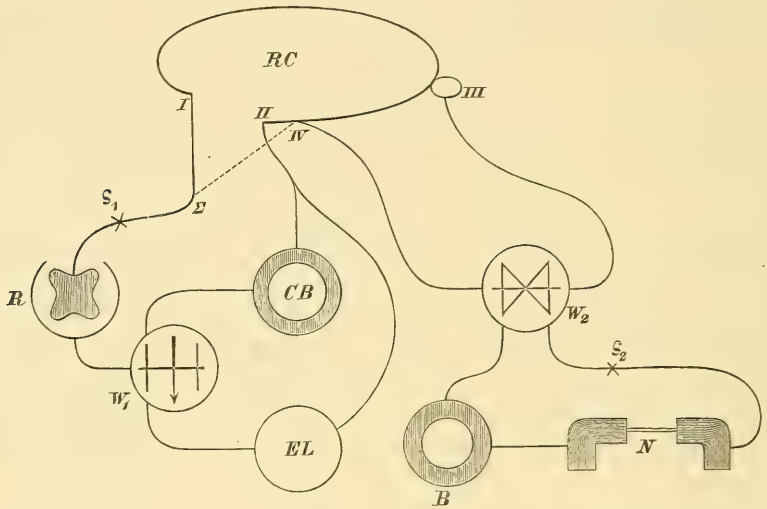
n die Zahl der abgelesenen Compensatorgrade; endlich

$N = 1000 =$ der Länge des Nebenschliessdrahtes; so hat man bebekanntlich

$$y = \frac{n}{N} \cdot \frac{J - J_1}{J} \cdot R,$$

und es handelt sich darum J und J_1 zu bestimmen. Hierzu wird aus einem dicken Drahte die aus nur zwei Windungen bestehende zur Constanten-Bestimmung dienende Bussolrolle CB gebildet und ein für allemal fest neben dem strommessenden Magnetringe aufgestellt und zwar in solcher Entfernung vom Ringe und unter einem solchen Winkel der Windungsebenen zu dem magnetischen Meridiane, dass die Ablenkungen 300 sc nicht überschreiten. Die Enden dieses Drahtes werden einer Pohl'schen Wippe W mit ausgenommenem Kreuze und dem runden Compensator so zugeführt,

dass unter Umlegung der Wippe der zur Constantenbestimmung dienende Draht mit einer Ersatzleitung EL gleichen Widerstandes ausgetauscht wird, welche ihrerseits keine ablenkende Wirkungen auf die Bussole auszuüben im Stande ist, da sie zu weit entfernt und ausserdem ihre Windungen horizontal gestellt sind.



Beifolgende Figur, welche sich an die von E. du Bois-Reymond gegebene anschliesst,[1] auf die ich daher verweise, erläutert das Gesagte. RC ist perspectivisch schematisirt der runde Compensator, R der Raoult, CB das zur Constantenbestimmung dienende Gewinde, EL die Ersatzleitung von gleichem Widerstande, B die für den Nervenstrom bestimmte Bussolrolle. W_1, W_2 sind Wippen, jene ohne, diese mit Kreuz. Ist die Wippe W_1 in Richtung des Pfeiles umgelegt, so wird die Ersatzleitung vom Strome des Raoult's durchflossen und man kann bei geschlossenem Schlüssel S_2 ungestört compensiren. Ist die Wippe nach der entgegengesetzten Richtung hin umgeschlagen, so ist das Gewinde CB vom Strome durchflossen, und je nachdem die Verbindung Σ(IV) oder die Verbindung Σ(I) mit Hülfe des drehbaren Bügels am Compensator hergestellt ist, erhält man bei offenem Schlüssel S_2 die dem Strome J_1, oder die dem Strome J entsprechende Ablenkung. Bei N sieht man den Nerven mit zwei Querschnitten die Bäusche berühren.

So genügt also Umlegen der Wippe W_1, um nach Belieben entweder eine elektromotorische Kraftmessung in dem Kreise (IV) $W_2\,B\,N\,S_2\,W_2$ (III),

[1] *Gesammelte Abhandlungen.* Bd. I. S. 257.

oder, mittels des Bügels Σ(I), Σ(IV), durch Bestimmung der Stromstärke J im Kreise (IV) $\Sigma S_1 R W_1 (CB)$ (II) (IV), und der J_1 im Kreise (IV) (III) (I) $\Sigma S_1 R W_1 (CB)$ (II) (IV), die derselben zu Grunde liegende Constantenbestimmung vorzunehmen. Auf diese Weise wurde die elektromotorische Kraft des Axialstromes mit hinreichender Genauigkeit ausgewerthet. Um auch bei einem mit beiden Querschnitten auf den Thonschilden der Zuleitungsgefässe aufliegenden Nerven den von Querschnitt zu Längsoberfläche fliessenden Strom abzuleiten und seine elektromotorische Kraft zu messen, habe ich noch eine dritte Elektrode, und zwar eine feine Thonspitze eines unpolarisirbaren Zuleitungsrohres benutzt. Diese dritte Zuleitungsvorrichtung war darum nöthig, weil es mir auf die Vergleichung der elektromotorischen Kraft des Axialstromes mit der der beiden Längs-Querschnittsströme ankam; eine solche Vergleichung aber kann nur dann einen exacten Werth haben, wenn keine Umänderung der Anlegung beider Querschnitte stattfindet, da es fast unmöglich ist, zwei Nervenquerschnitte zweimal nacheinander in genau gleicher Art anzulegen und abzuleiten. In meinen Versuchen blieb die Anlegung beider Querschnitte unverändert und nachdem ihr Strom abgeleitet und seine elektromotorische Kraft bestimmt war, wurde sehr vorsichtig die sehr feine Thonspitze des Zuleitungsrohres in dem geometrischen Mittelpunkt der Längsoberfläche des betreffenden Nervenstückes (was auch bei den kleinen Rückenmarkswurzeln leicht ausführbar war) angelegt.

Die Ableitung der beiden Längsquerschnittsströme geschah auf folgende Weise: Auf dem Wege der von beiden Zuleitungsgefässen zur Bussole gehenden Drähte befanden sich zwei Quecksilberschlüssel, die bei der Ableitung des Querschnittsstromes geschlossen waren. Wenn aber der Strom zwischen Längsoberfläche und einem, z. B. dem centralen, Querschnitt abgeleitet werden sollte, so wurde der auf dem Wege vom Zuleitungsgefäss, auf welchem das periphere Ende des Nerven angelegt war, zur Bussole sich befindende Quecksilberschlüssel geöffnet, und in dessen Quecksilbernäpfchen der vom Zuleitungsrohr gehende Draht eingetaucht. Jetzt also wurde das periphere Ende des Nerven aus dem Bussolkreise ganz ausgeschaltet und nur das centrale Ende und die Längsoberfläche wurden mit der Bussole verbunden. Ein ähnliches Verfahren, nur im entgegengesetzten Sinne, wurde bei Ableitung des zweiten Längsquerschnittsstromes eingeschlagen. Es muss aber bemerkt werden, dass es nicht wohl möglich war, eine Gleichartigkeit gleicher Grössenordnung zwischen Thonspitze und je einem Zuleitungsgefässe herzustellen, wie solche zwischen den beiden Zuleitungsgefässen herrschte. Die Thonspitze des Zuleitungsrohres mit den Thonschilden des Zuleitungsgefässes in Berührung gebracht, gab stets einen Strom von etwa 10—25 Scalentheilen, der aber vor jedem Versuche compensirt wurde, obwohl man diese Ablenkung als unbedeutend betrachten muss im Ver-

gleiche mit der des Längsquerschnittsstromes in den von mir untersuchten Nerven. Die letztere ausgedrückt in Scalentheilen betrug:

in den Wurzeln beim Frosche	60—100 sc
im Ischiadicus „ „	80—150
in den Wurzeln beim Kaninchen	75—100
im Ischiadicus „ „	100—150
in den Muskelästen des Ischiadicus beim Kaninchen	90—120
in den Opticis beim Fische	150—300
in den Olfactoriis beim Fische	150—240

Bei allen Versuchen wurden die Vorsichtsmaassregeln, auf die schon E. du Bois-Reymond bei solcher Art Untersuchungen seine Aufmerksamkeit gelenkt hat, streng im Auge behalten. Es wurde dafür gesorgt, dass zwischen dem Tode des Thieres und der Untersuchung seines Nerven auf Ströme möglichst wenig Zeit verstreichen soll. Bei der Praeparirung der Nerven, namentlich der Rückenmarkswurzeln wurde dafür gesorgt, dass dieselben dabei keine Beschädigung erleiden. Der Nerv wurde mit einem elfenbeinernen Häkchen oder mit einem kleinen mit physiologischer Kochsalzlösung angefeuchteten Pinsel auf die Narbenseite eines Stückes Leder so gelagert, dass er eine Schlinge bildete, und seine beiden Enden parallel aneinander lagen. So konnten mit einem scharfen Rasirmesser beide Querschnitte gleichzeitig angebracht werden. Um die Enden nicht zu verwechseln, wurde immer am centralen Ende ein Flöckchen rother Seide angelegt. Die genau senkrechte Lage des Messers zur Längsaxe des Nerven ist eine sehr wichtige und nothwendige Bedingung um die besondere elektromotorische Wirkung schräger Querschnitte zu vermeiden. Dies Verfahren war bei allen Nerven leicht ausführbar mit Ausnahme des Opticus bei Fischen, der im Verhältnisse zu seiner Dicke zu kurz ist um so umgebogen zu werden; hier wurde möglichst schnell ein Querschnitt nach dem anderen angebracht, und zwar in einigen Versuchen zuerst am centralen, in anderen zuerst am peripheren Ende. Es zeigte sich, dass dieser letzte Umstand, wie auch die verschwindend kleine Zeit, die sonst zwischen dem Anlegen beider Querschnitte verfliesst, keinen Einfluss auf die Beständigkeit der Resultate hat. Bei manchen sehr dünnen Nerven (Rückenmarkswurzeln des Frosches, Olfactorius beim Fische) wurde, um das Ankleben dieser Nerven an die Oberfläche des Leders zu verhindern, dieselbe mit ein wenig physiologischer Kochsalzlösung befeuchtet.

Unmittelbar nach der Anfertigung der Querschnitte wurde der Nerv mit einem feinen Pinsel auf eine dreieckige Glasplatte gebracht und den Thonschilden der auf die Gleichartigkeit geprüften Bäuschen zugerückt. Nach der Anlegung der Querschnitte an die Thonschilde wurden die Zu-

leitungsgefässe sehr leise etwas auseinandergerückt, wodurch man erreicht, dass nicht etwa Längschnitt den Thon berührt, und gleichwohl die Querschnitte in ganzer Ausdehnung den Schilden anliegen. Von der guten Anlegung der Querschnitte an die Thonschilde hängt wesentlich das gute Resultat eines Versuches ab. Die schon in Berührung mit einem Nerven gewesenen Thonschilde wurden beim folgenden Versuche durch frische ersetzt. Jeder Nerv, dessen Axialstrom in einer Richtung der Scale beobachtet war, wurde umgelegt, um denselben Strom auch in der entgegengesetzten Richtung der Scale wahrzunehmen, was in allen Fällen gelang. Es ist selbstverständlich, dass nur die Beobachtungen an richtig behandelten und gut angelegten Nerven in Betracht kamen. — Die Versuche wurden im Herbst 1884 und im Winter 1885 ausgeführt.

Ergebnisse und Schlussfolgerungen.

Bevor ich zur Besprechung der gewonnenen Resultate übergehe, scheint es mir zweckmässig, einige derselben in den hier folgenden Tabellen darzustellen. Bei der Wichtigkeit der Sache und der Schwierigkeit der Untersuchung sei es mir gestattet, die unmittelbaren numerischen Beobachtungsergebnisse dem Leser zur Bildung eines eigenen Urtheils vorzuführen. Uebrigens können diese Tabellen als Fortsetzung der von Hrn. E. du Bois-Reymond für den Axialstrom der Zitterrochen-Nerven gegebenen gelten. In denselben sind die römische Zahlen die Ordnungszahlen der Versuche. Alles Uebrige spricht für sich selbst:

Tabelle I.

Centripetal wirkende Nerven.

	Richtung des Axialstromes.	Elektromotorische Kraft in Raoult: zwischen Aequator und centralem Querschnitt. (+ C↓)	zwischen Aequator und peripherem Querschnitt. (+ P↑)	zwischen beiden Querschnitten (C—P): beobachtet (D)	zwischen beiden Querschnitten (C—P): berechnet (A)	D—A
A. Hintere Wurzeln bei grossen Fröschen.						
I.	↓	0·00893	0·00767	+ 0·00095	+ 0·00126	− 0·00031
II.	↓	0·00900	0·00821	+ 0·00086	+ 0·00079	+ 0·00007
III.	↓	0·01195	0·01102	+ 0·00104	+ 0·00093	+ 0·00011
IV.	↓	0·00946	0·00818	+ 0·00131	+ 0·00128	+ 0·00003

(Fortsetzung der Tabelle I.)

	Richtung des Axialstromes.	Elektromotorische Kraft in Raoult				$D-A$
		zwischen Aequator und		zwischen beiden Querschnitten $(C-P)$		
		centralem Querschnitt $(+C\downarrow)$	peripherem Querschnitt $(+P\uparrow)$	beobachtet (D)	berechnet (A)	
V.	↓	0.01192	0·00974	+ 0·00145	+ 0·00218	− 0·00073
VI.	↓	0·00911	0·00816	+ 0·00116	+ 0·00095	+ 0·00021
VII.	↓	0·00766	0·00642	+ 0·00127	+ 0·00124	+ 0·00003
VIII.	↓	0·00854	0·00703	+ 0·00152	+ 0·00151	+ 0·00001
IX.	↓	0·01332	0·01179	+ 0·00160	+ 0·00153	+ 0·00007
X.	↓	0·01150	0·00978	+ 0·00172	+ 0·00172	± 0·00000
XI.	↓	0·00962	0·00897	+ 0.00088	+ 0·00065	+ 0·00023
XII.	↓	0·00808	0·00709	+ 0·00092	+ 0·00099	− 0·00007
XIII.	↓	0·00915	0·00763	+ 0·00106	+ 0·00152	− 0.00046
XIV.	↓	0·01005	0·00954	+ 0.00095	+ 0·00051	+ 0·00044
XV.	↓	0·01066	0·00980	+ 0·00110	+ 0·00086	+ 0·00024
XVI.	↓	0·01253	0·01128	+ 0·00183	+ 0·00125	+ 0·00058
XVII.	↓	0·01283	0·01105	+ 0·00186	+ 0·00178	+ 0·00008
XVIII.	↓	0·00740	0·00595	+ 0·00182	+ 0·00145	+ 0·00037
XIX.	↓	0·01370	0·01219	+ 0·00195	+ 0·00151	+ 0·00044
XX.	↓	0·01227	0·01016	+ 0·00199	+ 0·00211	− 0·00012
XXI.	↓	0·01369	0·01159	+ 0·00213	+ 0·00210	+ 0·00003
XXII.	↓	0·01195	0·00925	+ 0·00214	+ 0·00270	− 0·00056
XXIII.	↓	0·01382	0·00964	+ 0·00219	+ 0·00418	− 0·00199
XXIV.	↓	0·01379	0.01128	+ 0·00230	+ 0·00251	− 0·00021
XXV.	↓	0·01226	0·01020	+ 0·00271	+ 0·00206	+ 0·00065
Mittel		0·01092	0·00934	+ 0·00155	+ 0·00158	− 0·00003

B. Hintere Wurzeln beim Kaninchen.

I.	↓	0·00890	0·00740	+ 0·00188	+ 0·00150	+ 0·00038
II.	↓	0·01282	0·01084	+ 0.00272	+ 0·00198	+ 0·00074
III.	↓	0·00955	0·00758	+ 0·00175	+ 0·00197	− 0·00022
IV.	↓	0·00715	0·00618	+ 0·00140	+ 0·00097	+ 0·00043

(Fortsetzung der Tabelle I.)

	Richtung des Axialstromes.	Elektromotorische Kraft in Raoult: zwischen Aequator und centralem Querschnitt (+ $C\downarrow$)	zwischen Aequator und peripherem Querschnitt (+ $P\uparrow$)	zwischen beiden Querschnitten ($C-P$) beobachtet (D)	zwischen beiden Querschnitten ($C-P$) berechnet (Δ)	$D-\Delta$
V.	↓	0·01186	0·01082	+ 0·00158	+ 0·00104	+ 0·00054
VI.	↓	0·01140	0·00856	+ 0·00216	+ 0·00284	− 0·00068
VII.	↓	0·01505	0·01333	+ 0·00164	+ 0·00172	− 0·00008
VIII.	↓	0·01754	0·01483	+ 0·00278	+ 0·00271	+ 0·00007
IX.	↓	0·01701	0·01536	+ 0·00191	+ 0·00165	+ 0·00026
X.	↓	0·01658	0·01364	+ 0·00284	+ 0·00294	− 0·00010
XI.	↓	0·01416	0·01239	+ 0·00228	+ 0·00177	+ 0·00051
XII.	↓	0·01392	0·01155	+ 0·00291	+ 0·00237	+ 0·00054
XIII.	↓	0·01016	0·00827	+ 0·00276	+ 0·00189	+ 0·00087
XIV.	↓	0·01269	0·00975	+ 0·00201	+ 0·00294	− 0·00093
XV.	↓	0·01708	0·01475	+ 0·00242	+ 0·00233	+ 0·00009
Mittel		0·01305	0·01101	+ 0.00220	+ 0·00204	+ 0·00016
		C. Opticus beim Hecht (Esox Lucius).				
I.	↓	0·01608	0·01266	+ 0·00418	+ 0·00342	+ 0·00076
II.	↓	0·01276	0·00889	+ 0·00326	+ 0·00387	− 0·00061
III.	↓	0·01399	0·00973	+ 0·00546	+ 0·00426	+ 0·00120
IV.	↓	0·00976	0·00565	+ 0·00461	+ 0·00411	+ 0·00050
V.	↓	0·01222	0·00753	+ 0·00477	+ 0·00469	+ 0·00008
VI.	↓	0·01845	0·01221	+ 0·00512	+ 0·00624	− 0·00112
VII.	↓	0·01052	0·00562	+ 0·00490	+ 0·00490	± 0·00000
VIII.	↓	0·01666	0·01152	+ 0·00532	+ 0·00514	+ 0·00018
IX.	↓	0·00882	0·00384	+ 0·00485	+ 0·00498	− 0·00013
X.	↓	0·01135	0·00863	+ 0·00289	+ 0·00272	+ 0·00017
Mittel		0·01306	0·00863	+ 0·00453	+ 0·00443	+ 0·00010
		D. Opticus beim Karpfen (Cyprinus carpio)				
I.	↓	0·01475	0·01210	+ 0·00342	+ 0·00265	+ 0·00077
II.	↓	0·01667	0·01405	+ 0·00281	+ 0·00262	+ 0.00019
III.	↓	0·00828	0·00577	+ 0·00377	+ 0·00251	+ 0·00126

(Fortsetzung der Tabelle I.)

	Richtung des Axialstromes.	Elektromotorische Kraft in Raoult				
		zwischen Aequator und		zwischen beiden Querschnitten (*C—P*)		*D—Δ*
		centralem Querschnitt (+ *C*↓)	peripherem Querschnitt (+ *P*↑)	beobachtet (*D*)	berechnet (*Δ*)	
IV.	↓	0·01241	0·00746	+ 0·00486	+ 0·00495	− 0·00009
V.	↓	0·00920	0·00639	+ 0·00392	+ 0·00281	+ 0·00111
VI.	↓	0·01680	0·01180	+ 0·00500	+ 0·00500	± 0·00000
VII.	↓	0·01518	0·01191	+ 0·00385	+ 0·00327	+ 0·00058
VIII.	↓	0·01499	0·01184	+ 0·00284	+ 0·00315	+ 0·00031
IX.	↓	0·01612	0·01252	+ 0·00366	+ 0·00360	+ 0·00006
X.	↓	0·01045	0·00570	+ 0·00411	+ 0·00475	− 0·00064
Mittel		0·01348	0·00995	+ 0·00382	+ 0·00353	+ 0·00029
		E. Olfactorius beim Hecht.				
I.	↓	0·00916	0·00526	+ 0·00485	+ 0·00390	+ 0·00095
II.	↓	0·01103	0·00885	+ 0·00400	+ 0·00218	+ 0·00182
III.	↓	0·01074	0·00534	+ 0·00427	+ 0·00540	− 0·00113
IV.	↓	0·01021	0·00612	+ 0·00384	+ 0·00409	− 0·00025
V.	↓	0·01426	0·01014	+ 0·00616	+ 0·00412	+ 0·00204
VI.	↓	0·00891	0·00715	+ 0·00204	+ 0·00176	+ 0·00028
Mittel		0·01071	0·00714	+ 0·0418	+ 0·0357	+ 0·00061
		F. Olfactorius beim Karpfen.				
I.	↓	0·01317	0·01004	+ 0·00405	+ 0·00313	+ 0·00092
II.	↓	0·01209	0·00816	+ 0·00391	+ 0·00393	− 0·00002
III.	↓	0·01055	0·00760	+ 0·00249	+ 0·00295	− 0·00046
IV.	↓	0·01486	0·01047	+ 0·00503	+ 0·00439	+ 0·00064
V.	↓	0·01124	0·00735	+ 0·00496	+ 0·00389	+ 0·00107
VI.	↓	0·00965	0·00619	+ 0·00419	+ 0·00346	+ 0·00073
VII.	↓	0·01061	0·00686	+ 0·00376	+ 0·00375	+ 0·00001
VIII.	↓	0·01518	0·00988	+ 0·00421	+ 0·00530	− 0·00109
Mittel		0·01216	0·00831	+ 0·00407	+ 0·00385	+ 0·00022

Tabelle II.

Centrifugal wirkende Nerven.

	Richtung des Axialstromes.	Elektromotorische Kraft in Raoult: zwischen Aequator und peripherem Querschnitt $(+P\uparrow)$	zwischen Aequator und centralem Querschnitt $(+C\downarrow)$	zwischen beiden Querschnitten $(P-C)$: beobachtet (D)	zwischen beiden Querschnitten $(P-C)$: berechnet (Δ)	$D-\Delta$
A. Vordere Wurzeln bei grossen Fröschen.						
I.	↑	0·00728	0·00604	+ 0·00091	+ 0·00124	− 0·00033
II.	↑	0·00617	0·00526	+ 0·00087	+ 0·00091	− 0·00004
III.	↑	0·00648	0·00475	+ 0·00123	+ 0·00173	− 0·00050
IV.	↑	0·00702	0·00610	+ 0·00114	+ 0·00092	+ 0·00022
V.	↑	0·00809	0·00724	+ 0·00091	+ 0·00085	+ 0·00006
VI.	↑	0·00819	0·00639	+ 0·00096	+ 0·00180	− 0·00084
VII.	↑	0·00856	0·00762	+ 0·00116	+ 0·00094	+ 0·00022
VIII.	↑	0·00866	0·00762	+ 0·00131	+ 0·00104	+ 0·00027
IX.	↑	0·00892	0·00792	+ 0·00102	+ 0·00100	+ 0·00002
X.	↑	0·00957	0·00875	+ 0·00102	+ 0·00082	+ 0·00020
XI.	↑	0·00961	0·00694	+ 0·00222	+ 0·00267	− 0·00045
XII.	↑	0·00974	0·00903	+ 0·00108	+ 0·00071	+ 0·00037
XIII.	↑	0·01041	0·00917	+ 0·00135	+ 0·00124	+ 0·00011
XIV.	↑	0·01015	0·00894	+ 0·00147	+ 0·00121	+ 0·00026
XV.	↑	0·01167	0·01098	+ 0·00125	+ 0·00069	+ 0·00056
XVI.	↑	0·01318	0·01214	+ 0·00117	+ 0·00104	+ 0·00013
XVII.	↑	0·01294	0·01174	+ 0·00136	+ 0·00120	+ 0·00016
XVIII.	↑	0·01335	0·01219	+ 0·00145	+ 0·00116	+ 0·00029
XIX.	↑	0·01324	0·01127	+ 0·00114	+ 0·00197	− 0·00083
XX.	↓	0·00721	0·00861	− 0·00079	− 0·00140	+ 0·00061
XXI.	↓	0·00744	0·00893	− 0·00164	− 0·00149	− 0·00015
XXII.	↓	0·00791	0·00936	− 0·00102	− 0·00145	+ 0·00043
XXIII.	↓	0·00897	0·01051	− 0·00148	− 0·00154	+ 0·00006
XXIV.	↓	0·00845	0·00943	− 0·00136	− 0·00098	− 0·00038
XXV.	↓	0·00652	0·00786	− 0·00124	− 0·00134	+ 0·00010
Mittel		0·00919	0·00859	+ 0·00062	+ 0·00060	+ 0·00002

(Fortsetzung der Tabelle II.)

	Richtung des Axialstromes.	Elektromotorische Kraft in Raoult: zwischen Aequator und peripherem Querschnitt (+ $P\uparrow$)	zwischen Aequator und centralem Querschnitt (+ $C\downarrow$)	zwischen beiden Querschnitten (P—C) beobachtet (D)	zwischen beiden Querschnitten (P—C) berechnet (Δ)	$D-\Delta$
B. Vordere Wurzeln beim Kaninchen.						
I.	↑	0·01056	0·00892	+ 0·00264	+ 0·00164	+ 0·00100
II.	↑	0·01668	0·01450	+ 0·00278	+ 0·00218	+ 0·00060
III.	↑	0·00994	0·00879	+ 0·00198	+ 0·00115	+ 0·00083
IV.	↑	0·01661	0·01385	+ 0·00175	+ 0·00276	− 0·00101
V.	↑	0·01261	0·01000	+ 0·00231	+ 0·00261	− 0·00030
VI.	↑	0·01335	0 01219	+ 0·00145	+ 0·00116	+ 0·00029
VII.	↑	0·01248	0·01108	+ 0·00140	+ 0·00140	± 0·00000
VIII.	↑	0·01067	0·00941	+ 0·00112	+ 0·00126	− 0·00014
IX.	↑	0·01132	0·01040	+ 0·00101	+ 0·00092	+ 0·00009
X.	↑	0·01269	0·01144	+ 0·00186	+ 0·00125	+ 0·00061
XI.	↑	0·00728	0·00645	+ 0·00129	+ 0·00083	+ 0·00046
XII.	↑	0·00916	0·00741	+ 0·00103	+ 0·00175	− 0·00072
XIII.	↓	0·00947	0·01084	− 0·00148	− 0·00137	− 0·00011
XIV.	↓	0·00685	0·00859	− 0·00140	− 0·00174	+ 0·00034
XV.	↓	0·01127	0·01370	− 0·00183	− 0·00243	+ 0·00060
Mittel		0·01139	0·01050	+ 0·00106	+ 0·00089	+ 0·00017
C. Muskeläste des Oberschenkeltheiles des Ischiadicus beim Kaninchen.						
I.	↑	0·00816	0·00631	+ 0·00237	+ 0·00185	+ 0·00052
II.	↑	0·00881	0·00643	+ 0·00203	+ 0·00238	− 0·00035
III.	↑	0·00735	0·00441	+ 0·00235	+ 0·00294	− 0·00059
IV.	↑	0·00816	0·00560	+ 0·00224	+ 0·00256	− 0·00032
V.	↑	0·00699	0·00525	+ 0·00102	+ 0·00174	− 0·00072
VI.	↑	0·00810	0·00642	+ 0·00186	+ 0·00168	+ 0·00018
VII.	↑	0·00955	0·00760	+ 0·00214	+ 0·00195	+ 0·00019

(Fortsetzung der Tabelle II.)

	Richtung des Axialstromes.	Elektromotorische Kraft in Raoult				$D-\Delta$
		zwischen Aequator und		zwischen beiden Querschnitten $(C-P)$		
		peripherem Querschnitt $(+P\uparrow)$	centralem Querschnitt $(+C\downarrow)$	beobachtet (D)	berechnet (Δ)	
VIII.	↑	0·00643	0·00389	+ 0·00232	+ 0·00254	− 0.00022
IX.	↑	0·00697	0·00587	+ 0·00165	+ 0·00110	+ 0·00055
X.	↑	0·01034	0·00743	+ 0·00241	+ 0·00291	− 0·00050
XI.	↑	0·00926	0·00637	+ 0·00206	+ 0·00289	− 0·00083
XII.	↑	0·00763	0·00631	+ 0·00137	+ 0·00132	+ 0·00005
XIII.	↑	0·00902	0·00724	+ 0·00126	+ 0·00178	− 0·00052
XIV.	↑	0·01125	0·00892	+ 0·00241	+ 0·00233	+ 0·00008
XV.	↑	0·00911	0·00704	+ 0·00205	+ 0·00207	− 0·00002
XVI.	↑	0·01089	0·00915	+ 0·00236	+ 0·00174	+ 0·00062
XVII.	↑	0·00816	0·00633	+ 0·00271	+ 0·00183	+ 0·00088
XVIII.	↑	0·00819	0·00671	+ 0·00210	+ 0·00148	+ 0·00062
XIX.	↑	0·00809	0·00534	+ 0·00252	+ 0·00275	− 0·00023
XX.	↑	0·00706	0·00489	+ 0·00163	+ 0·00217	− 0·00054
Mittel		0·00847	0·00637	+ 0·00264	+ 0·00210	− 0·00006

D. Elektrische Zitterrochennerven nach E. du Bois-Reymond.

I.	↑	0·00529	0·00284	—	—	—
II.	↑	0·00658	0·00400	—	—	—
III.	↑	0·00724	0·00458	+ 0·00160	+ 0·00266	− 0·00106
IV.	↑	0·00366	0·00185	+ 0·00194	+ 0·00181	+ 0·00013
V.	↑	0·00699	0·00489	+ 0·00119	+ 0·00210	− 0·00091
VI.	↑	0·00680	0·00583	+ 0·00105	+ 0·00097	+ 0·00008
VII.	↑	0·01123	0·00970	+ 0·00150	+ 0·00153	− 0·00003
VIII.	↑	0·00757	0·00577	+ 0·00187	+ 0·00180	+ 0·00007
Mittel von III bis VIII.		0·00725	0·00544	+ 0·00152	+ 0·00181	− 0·00029

Tabelle III.

Functionell gemischte Nerven.

	Richtung des Axialstromes.	Elektromotorische Kraft in Raoult: zwischen Aequator und centralem Querschnitt (+ $C\downarrow$)	zwischen Aequator und peripherem Querschnitt (+ $P\uparrow$)	zwischen beiden Querschnitten $(C—P)$: beobachtet (D)	zwischen beiden Querschnitten $(C—P)$: berechnet (A)	$D—A$
A. Verschiedene Abschnitte des Ischiadicus beim Frosche.						
I.	↓	0·01169	0·00831	+ 0·00431	+ 0·00338	+ 0·00093
II.	↓	0·01078	0·00838	+ 0·00310	+ 0·00240	+ 0·00070
III.	↓	0·00892	0·00677	+ 0·00278	+ 0·00215	+ 0·00063
IV.	↓	0·00975	0·00671	+ 0·00311	+ 0·00304	+ 0·00007
V.	↓	0·01234	0·00998	+ 0·00189	+ 0·00236	− 0·00047
VI.	↓	0·01486	0·01278	+ 0·00164	+ 0·00208	− 0·00044
VII.	↓	0·01347	0·01096	+ 0·00264	+ 0·00251	+ 0·00013
VIII.	↓	0·01235	0·00873	+ 0·00313	+ 0·00362	− 0·00049
IX.	↓	0·01602	0·01441	+ 0·00282	+ 0·00161	+ 0·00121
X.	↓	0·01834	0·01608	+ 0·00143	+ 0·00226	− 0·00083
XI.	↓	0·01793	0·01455	+ 0·00415	+ 0·00338	+ 0·00077
XII.	↓	0·01054	0·00802	+ 0·00259	+ 0·00252	+ 0·00007
XIII.	↓	0·00746	0·00540	+ 0·00183	+ 0·00206	− 0·00023
XIV.	↓	0·00825	0·00510	+ 0·00316	+ 0·00315	+ 0·00001
XV.	↓	0·01431	0·01181	+ 0·00274	+ 0·00250	+ 0·00024
XVI.	↑	0·00825	0·01148	− 0·00338	− 0·00323	− 0·00015
XVII.	↑	0·00914	0·01196	− 0·00331	− 0·00282	− 0·00049
XVIII.	↑	0·00982	0·01356	− 0·00296	− 0·00374	+ 0·00078
XIX.	↑	0·01564	0·01866	− 0·00305	− 0·00302	− 0·00003
XX.	↑	0·00769	0·01077	− 0·00384	− 0·00308	− 0·00076
XXI.	↑	0·01527	0·01915	− 0·00371	− 0·00388	+ 0·00017
XXII.	↑	0·01125	0·01400	− 0·00247	− 0·00275	+ 0·00028
XXIII.	↑	0·01650	0·01862	− 0·00265	− 0·00212	− 0·00053
XXIV.	↑	0·00568	0·00946	− 0·00380	− 0·00378	− 0·00002
XXV.	↑	0·01354	0·01615	− 0·00394	− 0·00261	− 0·00133
Mittel		0·01199	0·01167	+ 0·00033	+ 0·00032	+ 0·00001

(Fortsetzung der Tabelle III.)

	Richtung des Axialstromes.	Elektromotorische Kraft in Raoult: zwischen Aequator und centralem Querschnitt (+ $C\downarrow$)	zwischen Aequator und peripherem Querschnitt (+ $P\uparrow$)	zwischen beiden Querschnitten $(C-P)$: beobachtet (D)	zwischen beiden Querschnitten $(C-P)$: berechnet (A)	$D-A$
B. Verschiedene Abschnitte des Ischiadicus beim Kaninchen.						
I.	↓	0·01529	0·01177	+ 0·00462	+ 0·00352	+ 0·00110
II.	↓	0·01951	0·01463	+ 0·00378	+ 0·00488	− 0·00110
III.	↓	0·01815	0·01452	+ 0·00311	+ 0·00363	− 0·00052
IV.	↓	0·01081	0·00991	+ 0·00140	+ 0·00090	+ 0·00050
V.	↓	0·02136	0·01886	+ 0·00270	+ 0·00250	+ 0·00020
VI.	↓	0·02415	0·02183	+ 0·00246	+ 0·00232	+ 0·00014
VII.	↓	0·01781	0·01390	+ 0·00382	+ 0·00391	− 0·00009
VIII.	↓	0·01005	0·00639	+ 0·00416	+ 0·00366	+ 0·00050
IX.	↓	0·01213	0·00885	+ 0·00401	+ 0·00328	+ 0·00073
X.	↓	0·01672	0·01282	+ 0·00373	+ 0·00390	− 0·00017
XI.	↓	0·01882	0·01640	+ 0·00247	+ 0·00242	+ 0·00005
XII.	↓	0·01721	0·01388	+ 0·00385	+ 0·00333	+ 0·00052
XIII.	↑	0.00970	0·01321	− 0·00350	− 0·00351	+ 0·00001
XIV.	↑	0·01562	0·01846	− 0·00296	− 0·00284	− 0·00012
XV.	↑	0·01265	0·01625	− 0·00318	− 0·00360	+ 0·00042
XVI.	↑	0·01172	0·01345	− 0·00182	− 0·00173	− 0·00009
XVII.	↑	0·01554	0·01982	− 0·00391	− 0·00428	+ 0·00037
XVIII.	↑	0·00550	0·00865	− 0·00345	− 0·00315	− 0·00030
XIX.	↑	0·01692	0·02104	− 0·00299	− 0·00412	+ 0·00113
XX.	↑	0·01226	0·01532	− 0·00327	− 0·00306	− 0·00021
Mittel		0·01510	0·01450	+ 0·00075	+ 0·00060	+ 0·00015

Aus diesen Tabellen, die etwa den dritten Theil meiner Versuche enthalten, geht deutlich hervor, dass die beiden Querschnitte eines Nerven einen Strom erzeugen, welchem eine elektromotorische Kraft zu Grunde liegt, gleich dem Unterschiede der elektromotorischen Kräfte, die man an

demselben Nerven zwischen Aequator und jeden der beiden Querschnitte findet. Dieses schon von Hrn. E. du Bois-Reymond bei den elektrischen Nerven des Zitterrochen beobachtete Verhalten ist so auffallend und constant, dass in allen meinen Versuchen die aus dem Unterschiede der elektromotorischen Kräfte beider Längsquerschnittsströme berechnete elektromotorische Kraft des Axialstromes von der unmittelbar beobachteten nur sehr wenig abweicht. Der Unterschied lässt keinen bestimmten Sinn erkennen; er beläuft sich (und in diesem Punkte stimmen meine Zahlen ausserordentlich nahe mit denen von Hrn. du Bois am Zitterrochen erhaltenen überein), meist nur auf einige Hunderttausendstel; in einigen wenigen Fällen ist er sogar Null, so dass die berechnete und beobachtete Kraft genau dieselbe ist. Aus diesen Zahlen geht ferner hervor, dass der vom negativeren Querschnitt zum geometrischen Aequator (der leichter als der elektromotorische zu finden ist) fliessende Strom immer grösser als der andere Längsquerschnittsstrom ist, so dass bei aufsteigendem Strome, also in centrifugal wirkenden Nerven der vom peripherischen Querschnitt zum geometrischen Aequator fliessende Strom der stärkere ist; dagegen bei absteigendem Strome, also in centrifugal wirkenden Nerven der vom centralen Querschnitt zum Aequator gerichtete Strom überwiegt.

Der Axialstrom ist also nichts als der Ausdruck der verschiedenen Negativität der um einen bestimmten Abschnitt der Länge des Nerven auseinandergelegenen Querschnitte. Mit solcher Sicherheit giebt sich dies zu erkennen, dass die Richtung in den hinteren Wurzeln beim Frosche und Kaninchen, wie auch in Opticus und Olfactorius des Fisches (Karpfen und Hecht) beständig absteigend ist; dagegen in den vorderen Wurzeln und noch mehr in den Ischiadicis wechselt die absteigende und aufsteigende Richtung; die letzte ist wieder beständig in den Muskelästen des Ischiadicus beim Kaninchen. Diese Ergebnisse erlauben schon ohne jeden Zweifel einen gewissen Bezug der Richtung des axialen Stromes auf die Function des Nerven zu errathen. Es ergiebt sich namentlich, dass dieser Strom eine beständige absteigende Richtung in centripetal wirkenden Nerven (hintere Wurzel, Opticus, Olfactorius) hat. Wenn man in Betracht zieht, dass in den kleinen Muskelästen des Ischiadicus bei Kaninchen der Axialstrom stets aufsteigend ist, dass er auch diese Richtung meistens in den Vorderwurzeln (in 76% meiner Versuche) einschlägt und wenn man endlich bedenkt, dass die Richtung dieses Stromes in den elektrischen Nerven des Zitterrochen, wie es Hr. du Bois-Reymond gezeigt hat, beständig aufsteigend ist, so ist man auch geneigt anzunehmen, dass die Richtung des Axialstromes in den centrifugal wirkenden Nerven eine aufsteigende ist. Daraus würde dann ein allgemeiner Satz folgen, dass die Richtung des axialen Nervenstromes der physiologischen Wirkungsrichtung der Nerven-

fasern entgegengesetzt ist. Die Gültigkeit dieses Satzes ist so gross, dass man bei einem richtig behandelten und gut angelegten Nerven, dessen centripetale, bezw. centrifugale Function bekannt ist, nach der Richtung der Ablenkung der Scale angeben kann, ob das centrale oder periphere Ende des Nerven an den rechten oder linken Bausch angelegt ist. Dies ist namentlich leicht ausführbar bei dicken Nerven, bei welchen eine sorgfältige Anfertigung des Querschnittes und seine Anlegung an den Bausch gesichert sein können. Einige Versuche dieser Art wurden von mir unter gütiger Mitwirkung des Hrn. Prof. A. Christiani bei einem Opticus eines Hechtes ausgeführt. Hr. Christiani hatte die Güte, den Opticus, dessen eines Ende mit einem Fäserchen rother Flockseide bezeichnet war, mehrmals in mir ganz unbekannter Weise so aufzulegen, dass das centrale Ende bald dem rechten, bald dem linken Bausch angelegt war. Nach der Richtung des von Querschnitt zu Querschnitt absteigenden Stromes gab ich ausnahmslos jedesmal an, auf welcher Seite sich das centrale bezw. das periphere Ende des Nerven befand. Es soll hier bemerkt werden, dass derselbe Versuch mit demselben Erfolge von Hrn. du Bois-Reymond, unter Beihülfe des Hrn. Prof. Fritsch, an den centrifugal wirkenden elektrischen Nerven des Zitterrochen angestellt wurde.

Die Unbeständigkeit der Richtung des Axialstromes in den vorderen Wurzeln lässt sich mit dem angenommenen Gesetze in Einklang bringen, wenn man sich der bekannten Versuche über die „rückläufige Empfindlichkeit“ erinnert, nach denen die vorderen Wurzeln nicht nur motorische, sondern auch sensible Fasern besitzen, welche letzteren die Uebertragung der durch Reizung des peripheren Stumpfes einer durchschnittenen vorderen Wurzel entstandenen Empfindung zu den hinteren Wurzeln und von da zum Rückenmarke vermitteln. Meine Versuche erlauben mir noch nicht die Frage sicher zu beantworten, ob die Richtung des Axialstromes in den vorderen Wurzeln auf ein Ueberwiegen der sensiblen oder ein solches der motorischen Fasern spricht; in 76% aller untersuchten Fälle an vorderen Wurzeln habe ich aufsteigenden Strom beobachtet, was zu Gunsten des Ueberwiegens der motorischen Fasern sprechen würde, wie vorauszusehen war. Was aber in den übrigen 24% aller Fälle den absteigenden Strom in den vorderen Wurzeln bedinge, kann noch nicht gesagt werden. Merkwürdig ist, dass auch in Hrn. du Bois-Reymond's Polarisationsversuchen die vorderen Wurzeln nur unvollkommen einem Gesetze gemäss sich verhielten, welches die hinteren Wurzeln regelmässig erkennen liessen.[1]

Auch in dem gemischten Ischiadnerven ist die Richtung des Axial-

[1] *Berliner Sitzungsberichte.* 1883. Bd. I. S. 343—404. — *Mathematische und naturwissenschaftliche Mittheilungen.* 1883. — *Dies Archiv.* 1884. S. 43.

stromes zu unbeständig, um auf ein Ueberwiegen motorischer oder sensibler Fasern mit Sicherheit schliessen zu können. Doch ergiebt es sich schon aus diesen Versuchen, in Verbindung mit den älteren von du Bois-Reymond, dass dieser Strom wenigstens im Oberschenkeltheile und zwar in seiner unteren Hälfte öfter (etwa in 70% der Fälle) eine absteigende Richtung hat. Verschiedene Abschnitte desselben Ischiadnerven scheinen verschiedene Richtungen des Axialstromes darzubieten. Inwiefern dies aber einen Bezug auf das Verhältniss der Zahl der motorischen Fasern zu den sensibeln in den verschiedenen Abschnitten habe, muss noch näher untersucht werden.

Endlich soll noch bemerkt werden, dass die festgestellte Richtung des Axialstromes eines Nerven sich auch an mehrmals angelegten frischen Querschnitten wie auch zwischen symmetrischen, den Querschnitten nahen Längsschnittspunkten nachweisen liess. Auch bei vor 24 Stunden getödteten Kaninchen war der Strom noch nachweisbar, allerdings sehr schwach.

Aus den obigen Tabellen geht deutlich hervor, dass die elektromotorische Kraft des Axialstromes beim Frosche nicht wesentlich von der Stärke der elektrischen Kraft dieses Stromes in denselben Nerven beim Kaninchen abweicht. Hier also wird auch die schon von du Bois-Reymond bei Messung der elektromotorischen Kraft des Längsquerschnittsstromes beobachtete Thatsache bestätigt, dass eine grössere elektromotorische Kraft der warmblütigen Gewebe unmittelbar nicht nachzuweisen ist. Die elektromotorische Kraft des Axialstromes scheint aber mit den Dimensionen der Nerven zu wachsen; es zeigt sich namentlich, dass diese Kraft bei den dicken Sehnerven der Fische, fast dreimal so gross ist, wie am Ischiadicus des Frosches. Wenn man aber die elektromotorische Kraft des Opticus mit derjenigen des bedeutend dünneren Olfactorius bei demselben Fische vergleicht, so muss man erstaunen, dass der Unterschied der Kraft so unbedeutend ist im Vergleich zu dem sehr grossen Unterschied in den Dimensionen dieser beiden Nerven.

Die in den Tabellen enthaltenen Zahlen zeigen deutlich, dass die elektromotorische Kraft des Axialstromes in den hinteren Wurzeln diejenige in den Vorderwurzeln etwas übertrifft. Dieser Unterschied wird für den von 20 Versuchen erhaltenen Durchschnittswerth ersichtlich. Derselbe ist:

in den	Vorderwurzeln	beim	Frosche	= 0·00122
„ „	Hinter „	„	„	= 0·00155
„ „	Vorder „	„	Kaninchen	= 0·00169
„ „	Hinter „	„	„	= 0·00220

Abgesehen davon, dass ein solcher Unterschied von einem makroskopisch doch kaum wahrnehmbaren Dickenunterschiede beider Arten von Wurzeln abhängen könnte, ist es allerdings nicht unmöglich, dass er mit dem oben

erkannten refractären Verhalten der vorderen Wurzeln gegen das sonst gültige Gesetz zusammenhängt, insofern dies Verhalten von Beimischung sensibler Fasern in den vorderen Wurzeln herrühren kann. Indem also die elektromotorische Kraft des Axialstromes der rein sensibeln hinteren Wurzeln die Summe der in derselben Richtung fliessenden Theilströme ist, ist in den als gemischt anzusehenden vorderen Wurzeln dieselbe Kraft die algebraische Summe der Kräfte der in entgegengesetzten Richtungen wirkenden beiden Fasergattungen. Diese sehr plausible Erklärung erfordert aber zu ihrer Bestätigung weitere Untersuchungen, welche ich auch auszuführen gedenke. Ich wollte nur diese aus meinen zahlreichen Versuchen sich ergebende Frage hier andeuten, wie auch schliesslich bemerken, dass die Frage, inwiefern die verschiedene Richtung des Axialstromes in den verschiedenen Abschnitten desselben Ischiadicus Bezug hat auf die von mehreren Forschern angegebene ungleiche Erregbarkeit dieser Abschnitte, gleichfalls noch zum Gegenstand besonderer Untersuchung gemacht werden muss.

Schliesslich ist es mir eine angenehme Pflicht, Hrn. Prof. Christiani, der mir bei diesen schwierigen Versuchen hülfreich zur Seite stand, hier meinen verbindlichsten Dank auszusprechen.

Apparat zur künstlichen Athmung.

Von

I. Rosenthal.

Während man sich noch bis vor wenigen Jahren in den meisten Laboratorien zur künstlichen Athmung des Blasebalgs bediente, wurden schnell hintereinander eine Anzahl mehr oder weniger umständlicher Vorrichtungen beschrieben, deren Vortheile und Nachtheile gegen einander abzuwägen nicht meine Absicht ist. Die meisten derselben setzen den Besitz eines eigenen Motors voraus. Da mir für die verhältnissmässig geringe zu leistende Arbeit der dazu verwendete Apparat zu umständlich schien, so versuchte ich, die Aufgabe auf einfachere Weise zu lösen. Es gelang mir, mit geringen Mitteln einen Apparat herzustellen, mit dessen Leistungen ich so zufrieden bin, dass ich glaube, allen Experimentatoren einen Dienst zu leisten, wenn ich die Beschreibung desselben hiermit veröffentliche.

Bei der Mehrzahl der gebräuchlichen und von den verschiedenen Erfindern neu construirten Apparate wird Luft unter einem gewissen Druck in die Lungen des Thieres eingetrieben, welche in den Pausen durch die eigene Elasticität der Lungen und des Thorax wieder entweicht. Ich habe schon im Jahre 1862 darauf hingewiesen, dass es wichtig sei, in unmittelbarer Nähe der Lunge einen Ausweg für den Ueberschuss der eingetriebenen Luft und der Exspirationsluft herzustellen, um zu verhüten, dass nicht die letztere in der zur Lunge führenden Röhre hin- und herpendele und so die Grösse des Luftwechsels in der Lunge trotz ausgiebiger Volumveränderungen derselben eine sehr geringe werde. Ich erreichte dies in meinen älteren Versuchen, indem ich ein längliches Stück aus der Vorderwand der Trachea ausschnitt, in die Oeffnung eine schwach conisch zulaufende Canüle einführte, welche das Lumen der Trachea nicht ganz ausfüllt, aber ziemlich tief unter der angebrachten Oeffnung in die Luftröhre

hineinragt. Mit dieser Canüle wurde durch einen Kautschukschlauch der Blasebalg verbunden; bei Zusammendrücken desselben wird Luft in die Lunge geblasen; der Ueberschuss und die Exspirationsluft entweichen durch die Luftröhrenfistel neben der Canüle.[1]

Zu demselben Zweck hat dann Ludwig Canülen eingeführt welche nahe an den in die Trachea luftdicht einzubindenden Theil eine seitliche Oeffnung haben.[2] Ich habe mich der Ludwig'schen Canülen für Kaninchen und Hunde jahrelang bedient, dabei aber leider manches Thier verloren durch Sprengung der Lunge. Die Oeffnung der Canüle darf nicht zu gross sein, wenn die Ausdehnung der Lunge genügend ausfallen soll; eine einzige, etwas zu heftige Handbewegung von Seiten des den Blasebalg bedienenden Dieners kann aber dann dazu führen, dass nicht genug Luft entweichen kann, und macht so dem Leben des Thieres ein jähes Ende. Wie unangenehm ein solcher Vorfall mitten in einer Demonstration ist, braucht nicht erst ausgeführt zu werden.

Vor solchen Unfällen ist man freilich sicherer, wenn die Bewegung des Blasebalges oder einer an dessen Stelle getretenen Luftpumpe von einer Maschine besorgt wird. Aber wie ich schon gesagt habe, ist das Verhältniss zwischen der aufzuwendenden Maschinenarbeit und der zur Unterhaltung der künstlichen Athmung bei einem Kaninchen oder selbst bei einem Hunde benöthigten Leistung ein so ungünstiges, dass eine einfachere und billigere Anordnung nicht überflüssig erscheinen dürfte.

In neuerer Zeit hat Zuntz mit Recht darauf hingewiesen, dass bei der bisherigen Art, die künstliche Athmung zu bewirken, die Druckverhältnisse im Thorax von den normalen erheblich abweichen. Während bei der normalen Inspiration der intrathorakale Druck, der ja immer negativ ist, noch mehr abnimmt, und bei der normalen Exspiration nur unerheblich steigt, wird beim Eintreiben von Luft in die Lungen mittels Pumpen oder Blasebalg der Druck erheblich gesteigert, und dies hat einen sehr schädlichen Einfluss auf die Blutcirculation. Zuntz hat daher seinem Apparat für die künstliche Athmung eine solche Einrichtung gegeben, dass die Luft aus der Lunge ausgesaugt und der Eintritt frischer Luft entweder nur durch die Elasticität der Lunge und des Thorax oder durch einen geringen positiven Druck bewirkt wird.

Ich bin bei der Anordnung meines Apparates diesem Beispiele gefolgt, der Art, dass man abwechselnd die Luft aus der Lunge aussaugt und dann neue Luft entweder nur unter dem Atmosphaerendruck oder unter einem

[1] S. meine „Athembewegungen". S. 156.

[2] S. meine „Physiologie der Athembewegungen" in Hermann's *Handbuch der Physiologie*. Bd. IV. S. 239; — Cyon, *Methodik*. S. 60 und *Atlas*. Taf. I, Fig. 2.

geringen Ueberdruck, dessen Grad willkürlich gewählt werden kann, eintreten lässt. Diese Eintrittsluft kann auch, wo es die Umstände erheischen, reiner Sauerstoff oder irgend ein anderes beliebiges Gas oder Gasgemenge sein.

Die Aufgabe, welche wir zu erfüllen haben, lässt sich schematisch darauf zurückführen, dass man die Lunge abwechselnd mit einem Raum, in welchem ein negativer Druck herrscht, und dann mit einem Raum, in welchem der Druck gleich Null oder positiv ist (den augenblicklichen Atmosphaerendruck als Nullpunkt genommen), luftdicht verbindet. Sollen diese beiden Räume identisch sein, so lässt sich diese Aufgabe nur lösen durch ein Pumpwerk, welches von Menschenhand oder irgend welcher Maschine in Bewegung gesetzt wird. Da aber die Natur der Aufgabe in der Mehrzahl der Fälle es verlangt, dass die beiden Räume getrennt seien, damit nicht die Lungenluft einfach hin und her wandere, wodurch sie ja sehr schnell für die Athmung untauglich werden würde, so kann man die Aufgabe auch in der Weise lösen, dass man nur Ventile in Bewegung setzt, welche die Lunge abwechselnd mit den beiden Räumen verbindet, vorausgesetzt dass in diesen auf irgend eine Weise die betreffenden Drucke constant unterhalten werden.

Um diese Aufgabe zu lösen, denken wir uns in die Trachea eine Y-förmige Canüle eingebunden und die beiden Gabelröhren mit den Räumen A und B verbunden. In A herrscht stets ein gewisser negativer Druck $(-P)$. Der Druck in B kann 0 sein oder einen beliebigen positiven Werth haben. In den einfachsten Fällen kann dieser Raum B einfach die unbegrenzte Atmosphaere sein. Diese Räume A und B sind also abwechselnd mit den betreffenden Röhrenenden zu verbinden oder von ihnen abzuschliessen.

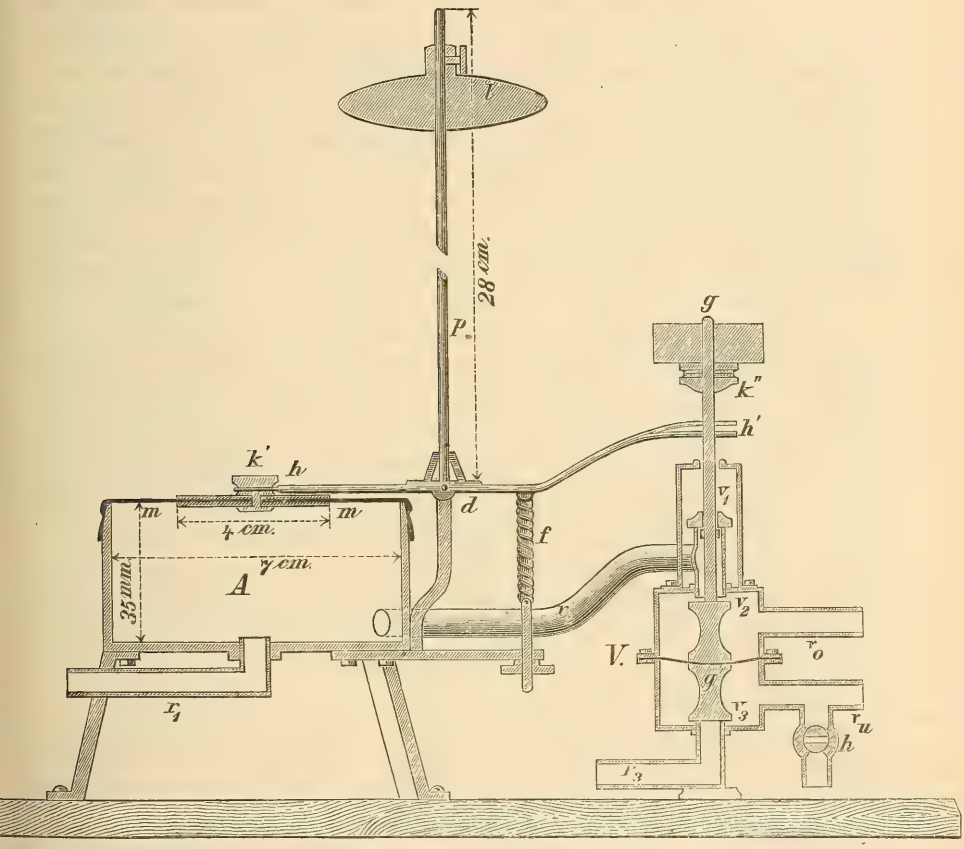
In ganz ähnlicher Weise habe ich[1] schon bei einer früheren Gelegenheit künstliche Athmung bewerkstelligt, nur mit dem Unterschied, dass bei meiner damaligen Anordnung der eine Raum, A, die atmosphärische Luft war, der andere, B, Wasserstoff oder Stickstoff unter positivem Druck enthielt. Die abwechselnde Schliessung und Oeffnung der Ventile geschah durch Bewegung eines Hebels, welcher gegen den einen oder anderen zweier, die Arme des Gabelrohrs bildenden Kautschukschläuche angedrückt wurde.

Wir wollen jetzt annehmen, der Raum A sei ein irgendwie gestaltetes Gefäss, in welchem ein negativer Druck hergestellt und erhalten werde; für B wollen wir vorläufig die atmosphärische Luft setzen. Das einfachste Verfahren zur Herstellung des negativen Druckes in A bietet die ja jetzt in jedem Laboratorium vorhandene, zu den mannigfachsten Verrichtungen benutzte Bunsen'sche Wasserstrahlpumpe. Mein Bestreben war nun darauf

[1] *Dies Archiv.* 1864. S. 456.

gerichtet, diese Pumpe zugleich zur Bewegung der Ventile zu verwenden. Der aus diesen Bemühungen hervorgegangene Apparat[1] hat nun folgende Einrichtung:

Das Gefäss A ist eine mittelst dreier Füsse auf dem Grundbrette festgeschraubte flache, metallene Dose, 3·5 cm hoch, 7 cm im Durchmesser.



Von ihrer unteren Fläche geht das Rohr r_1 ab, von welchem ein Kautschukschlauch zur Wasserstrahlpumpe führt. Die obere Fläche des Gefässes A ist beweglich; sie besteht nämlich aus einer Membran m, welche über die oben offene Dose gelegt und festgebunden ist. Zur Herstellung dieser elastischen, dauerhaften und luftdichten Membranen verfahre ich folgendermaassen: Eine Harnblase vom Rind wird in Wasser gelegt, durch kräftiges Drücken möglichst gereinigt, das Wasser mehrmals gewechselt.

[1] Derselbe kann von dem Mechanikus des physiologischen Instituts zu Erlangen, Hrn. Richard Hennig, bezogen werden.

Die gut ausgedrückte Blase wird dann in concentrirtes Glycerin gelegt, nach 24 Stunden das Glycerin durch neues ersetzt. Nach abermals 24 Stunden wird die Blase gut ausgedrückt und dann getrocknet. Vor Kautschukmembranen haben diese so zubereiteten Blasen den grossen Vorzug, dass sie niemals brüchig werden, sondern sich Jahre lang unverändert halten. Die Mitte dieser Membran ist zwischen zwei runden Blechen von 4 cm Durchmesser eingeklemmt, welche durch den Knopf k' gegeneinandergepresst werden. Unter den Knopf k' greift mit seinen Zinken das gabelförmig ausgefeilte Ende des Hebels $h\,h'$, dessen Drehpunkt bei d liegt. Das andere Ende h' dieses Hebels ist gleichfalls gabelförmig ausgefeilt, und seine Zinken dienen zur Bewegung der Ventile $v_1\,v_2\,v_3$, von welchen noch genauer die Rede sein wird. Mit dem Hebel $h\,h'$ ist gerade über seiner Axe das Pendel p verbunden, auf welchem das Laufgewicht l verschoben werden kann. Zwischen dem Gefäss A und der oberen Abtheilung der Ventilvorrichtung V ist eine Verbindung hergestellt durch das Rohr r_2.

Diese obere Abtheilung ist durch das Ventil v_1 geschlossen. Sowie die Wasserstrahlpumpe zu wirken beginnt und die Luft in A verdünnt, drückt die Atmosphaere die Membran m nach abwärts und wirkt so mittels des Knopfes k auf den Hebel $h\,h'$, wobei dieser den Zug der Feder f und die Schwere des Laufgewichts l zu überwinden hat. Indem der Hebelarm h' nach oben geht, gelangt er an den Knopf k'' und hebt zuletzt das Ventil v_1. Damit erlangt die atmosphaerische Luft wieder Zutritt zu A und der Druck von oben hört auf; die Feder f sucht den Hebel wieder in entgegengesetzter Richtung zu bewegen. So entsteht eine regelmässig hin- und hergehende Bewegung, deren Tempo durch Stellung des Laufgewichts l, des Knopfes k'' (welcher auf- und niedergeschraubt werden kann) und der Feder f regulirt werden kann.

Diese kleine Maschine besorgt nun die Bewegung der Ventile für die Lüftung der Lunge. Der hierzu dienende Ventilapparat V besteht aus einer oberen und einer unteren Abtheilung; von jeder geht ein Rohr ab, r_o und r_u, welche durch Kautschukschläuche mit dem Gabelrohr verbunden sind, dessen Stiel in die Trachea eingebunden ist. Die Scheidewand zwischen den beiden Abtheilungen besteht aus einer Membran, welche gerade so praeparirt ist wie die von A. Nur ist sie dünner (aus der Harnblase eines jungen Schweines gefertigt).[1] Um die Scheidewand ganz gasdicht zu machen, ist sie noch mit einem gefirnissten Stanniolblatt belegt, was ihrer Beweglichkeit, die auch nur in sehr engen Grenzen in Anspruch genommen wird, keinen Abbruch thut. In dem Raume V ist das Gestänge

[1] Solcher dünner Membranen bediene ich mich seit Jahren statt der Kautschukmembranen für die Marey'schen Schreibkapseln.

$g\,g'$ beweglich; bei g' ist es aus zwei Stücken zusammengeschraubt, welche die Membran zwischen sich festklemmen. Dieses Gestänge bildet in seinem unteren Theile zugleich die Ventile v_2 und v_3. Das oben erwähnte Ventil v_1 sitzt lose auf dem Gestänge, so dass es die obere Abtheilung von V abschliesst; wird aber das Gestänge gehoben, so gelangt ein Anschlag an v_1 und hebt es soweit, als nöthig ist, um das oben erwähnte Spiel der Maschine zu unterhalten.

In der Ruhelage des Apparats liegt das Ventil v_3 auf der Mündung des Rohres r_3 auf und schliesst diese luftdicht ab. Das Ventil v_2 dagegen steht etwas tiefer als die Mündung des oberen Rohres, so dass A mit r_o und somit mit der Lunge zusammenhängt, während diese durch v_3 gegen die Atmosphaere abgesperrt ist. Der negative Druck in A wirkt also auf die Lunge und saugt Luft aus dieser. Wird nun $g\,g'$ gehoben, so sperrt v_2 die Verbindung der Lunge mit A ab, öffnet dagegen r_3, so dass atmosphaerische Luft in die Lunge eintritt.

Da die Ventile v_2 und v_3 dem Gestänge $g\,g'$ nur eine Bewegung innerhalb sehr enger Grenzen gestatten, so ist auf dem Ende h' des Hebels $h\,h'$ eine starke Feder befestigt, welche sich gegen den Knopf k'' anlegt und das Gestänge hebt, aber die Weiterbewegung des Hebels in Folge der Trägheit des in Schwung gesetzten Laufgewichtes l gestattet. Auf diese Weise wird ein sanfter und gleichmässiger Gang der Maschine gewährleistet. Durch Auf- und Niederschrauben des Knopfes k'' findet man die Stellung desselben, bei welcher die Maschine am ruhigsten und besten arbeitet. Durch eine über k'' angebrachte Gegenmutter wird diese Stellung gesichert.

Verbindet man r_3 mit einem Raum, in welchem sich ein Gas unter positivem Drucke befindet, so tritt dieses statt der atmosphaerischen Luft in die Lunge. Man kann hierzu ein Gasometer benutzen. Nur darf der Druck in diesem nicht so gross sein, dass er das Ventil zu heben vermag. Will man aus irgend einem Grunde ein Gas unter höherem Drucke zur Füllung der Lunge verwenden, so muss man den Druck des Ventils v_3 verstärken. Zu diesem Zwecke kann man auf den Knopf k'' oben bei g Gewichte auflegen.

Wodurch man den Druck im Gasometer erzeugt, ist für die Wirkung auf die Lunge gleichgiltig; nur sollte der Druck während genügend langer Zeit hinreichend constant erhalten werden können. Hierzu eignen sich besonders Gasometer, bei denen die Gasausströmung direct unter dem Druck der Wasserleitung erfolgt.

Der vorstehend beschriebene Apparat ist nicht darauf berechnet, bei quantitativen Versuchen über Sauerstoffverbrauch und Kohlensäureaus-

scheidung benutzt zu werden, da Absorption und Diffusion der Gase nicht ausgeschlossen ist. Wenn es sich darum handelt, dann können nur Quecksilberpumpen und Quecksilberverschlüsse benutzt werden. Einen derartigen Apparat werde ich später beschreiben.

Wenn es sich aber darum handelt, einfach künstliche Athmung stundenlang gleichmässig zu unterhalten z. B. bei curarisirten Thieren, bei Blutdrucksversuchen u. s. w., dann wird die hier beschriebene Maschine, da sie die wohl in allen Laboratorien vorhandene Wasserluftpumpe in einfachster Weise verwendet, am Platze sein. Es kommt nur darauf an, dass diese genügende Luftmengen fördert, um die künstliche Athmung eventuell bis zur vollständigen Apnoisirung des Thiers zu bewirken.

Für Kaninchen genügt zu diesem Zweck eine kräftige Wasserstrahlpumpe, wie sie z. B. von Gebr. Körting in Hannover geliefert wird. Für grössere Thiere (Hunde z. B.) ist es vortheilhafter, grössere Wasserluftpumpen anzuwenden, wie sie in den Laboratorien zu München und hier stetig in Gebrauch sind. Sie bestehen aus einer Anzahl von Saugpumpen (gewöhnlich vier), welche aus einem Kupfergefäss die Luft aussaugen, von welchem Gefäss Bleiröhren ausgehen, die durch das ganze Laboratorium vertheilt sind und in den einzelnen Zimmern mit Schlauchhähnen enden. Es ist dann nur nöthig, einen solchen Hahn durch einen Kautschukschlauch mit r, zu verbinden, um den Apparat in Gang zu bringen.

An dem Rohr r_u ist ein Seitenzweig mit einem Hahn h angebracht. Setzt man die Saugpumpe in Gang und verbindet r_o und r_u durch Kautschukschläuche mit dem in die Trachea eingebundenen Gabelrohr, so tritt durch h Luft ein, geht durch r_u zur Trachealcanüle und durch r_o nach A. Das Thier athmet dann die nahe an seiner Trachea vorbeistreichende stets frische Luft, während seine Exspirationsluft durch r_o entweicht. Der Apparat spielt nicht, weil die Druckabnahme in A keinen hohen Grad erreichen kann. Sobald man aber den Hahn schliesst, so beginnt das Spiel des Apparats. Auch jetzt erhält das Thier stets frische Luft zugeführt und die Lungenluft wird durch r_o abgeführt. Auf die Länge der Kautschukschläuche zwischen den Rohren r_o und r_u einerseits und der Trachealcanüle andrerseits kommt es nicht an, so dass man also nicht nöthig hat, den Apparat nahe dem Thier aufzustellen.

So lange r_3 nur einfach mit der atmosphaerischen Luft kommuniziren lässt, kann der Apparat nur bei uneröffnetem Thorax wirken; denn die Luft muss, wenn v_2 geschlossen und v_3 geöffnet wird, durch die Aspiration des Thorax in die Lunge eingesogen werden. Will man den Apparat auch bei eröffnetem Thorax anwenden, so muss man r_3 mit einem Raum verbinden, in welchem die Luft unter einem positiven Druck steht, der genügt, die Lunge aufzublähen. Soll dies nur mit atmosphaerischer Luft geschehen,

dann kann man dazu ein kleines Wassergebläse benutzen. Wenn aber ein bestimmtes Gas geathmet werden soll, dann muss man dasselbe aus einem Gasometer ausströmen lassen. Ist es erwünscht, den Druck des Gases ganz constant zu erhalten, dann schalte ich zwischen das Gasometer und das Rohr r_3 noch das kleine, von mir schon früher benutzte Quecksilbergasometer[1] ein, bei welchem man den Druck durch passende Belastung genau regeln kann. Der Druck im Gasometer muss dann etwas grösser sein als der im Quecksilbergasometer; durch Stellung des Hahnes an ersterem kann man es dann dahin bringen, dass in das Quecksilbergasometer gerade soviel Gas einströmt, als in die Lunge abströmt, so dass die schwimmende Glocke desselben nur innerhalb enger Grenzen auf- und nieder schwankt.

Erlangen, 15. März 1885.

[1] *Dies Archiv.* 1864. S. 456; — *Handbuch der Physiologie.* Bd. IV. S. 266.

Zusatz des Verfassers.

Seit der Abfassung des vorliegenden Aufsatzes habe ich es praktisch gefunden, das Ventil v_1 und das Rohr r_2 von dem übrigen Ventilapparat räumlich zu trennen. Man kann dann, besonders bei Anwendung zweier Wasserstrahlpumpen, deren eine zugleich mit einem Gebläse verbunden sein kann, die oben beschriebenen Anordnungen noch bequemer ausführen. Ich unterlasse jedoch eine genauere Beschreibung der jetzigen, nur wenig geänderten Anordnung, da principiell in der Wirkungsweise des Apparats dadurch nichts geändert worden ist.

Erlangen, 27. Juli 1885.

Die räumliche und zeitliche Aufeinanderfolge reflectorisch contrahirter Muskeln.

Von

Dr. Warren P. Lombard.

(Aus dem physiologischen Institut zu Leipzig.)

I.

Einleitung. Aufgabe. Zur vollkommenen Schilderung einer Reflexbewegung, an der sich mehrfache Gelenke eines Gliedmaasses nach einer gewissen zeitlichen Ordnung betheiligen, können wir nur dann gelangen, wenn wir wissen: welche Muskeln und in welcher Reihenfolge sie in die Bewegung eintreten, welche Zeiten zwischen dem Beginn der aufeinanderfolgenden Contractionen verstreichen, wie lange jede einzelne Zusammenziehung anhält, und in welchem Umfange sie geschieht. Da die Erfüllung dieser Forderungen jedenfalls zu den Vorbedingungen gehört, durch welche uns das Verständniss der im reflectorischen Centrum ablaufenden Hergänge eröffnet wird, so folgte ich bereitwillig dem von Prof. C. Ludwig ausgesprochenen Wunsche, eine Untersuchung nach der ausgesprochenen Richtung hin vornehmen.

Angesichts ihrer Schwierigkeiten und ihres Umfanges kann die Aufgabe nur schrittweise und auch dann nur einer Lösung entgegengeführt werden, wenn sie an einer leicht und sicher herstellbaren Reflexbewegung in Angriff genommen wird. Zu den letzteren gehört die Beugung des herabhängenden Beines eines enthirnten Frosches, welche nach der Reizung irgend welcher sensibler Enden des Plexus ischiadicus einzutreten pflegt. — Ihre Beobachtung wird mit dem Aufsuchen der Muskeln anzufangen haben, welche an der Bewegung Theil nehmen, und meinem Plane nach sollte sich daran die Bestimmung der Reihen- und Zeitfolge schliessen, nach und in welcher die einzelnen Muskeln ihre Zusammenziehung beginnen. Wegen der un-

überwindlichen Schwierigkeiten, die sie ihrer Untersuchung entgegensetzen, musste jedoch von den kleinen Muskeln des Fusses und der Zehen Abstand genommen und die Beobachtungen auf die Dreher des Hüft-, des Knie- und die grösseren des Fussgelenkes beschränkt werden. Der Versuch erstreckt sich demnach auf die Mm. Ileopsoas, Gluteus, Pectineus, Pyriformis, Quadratus, Obturatorius, Adductores magnus, longus, minor, Semitendinosus, Semimembranosus, Biceps, Rectus magnus, Sartorius, Triceps, Tibialis anticus, Peroneus, Extensor brevis, Gastrocnemius, bei deren Benennung ich der von A. Ecker aufgestellten Nomenclatur gefolgt bin.

Grundsätze der Methode. Da wir durch den Versuch erfahren wollen, wann jeder einzelne der aufgezählten Muskeln in die Zusammenziehung eintritt in Folge einer vom Rückenmark aus reflectirten Erregung sensibler Nervenenden, so werden die folgenden Bedingungen zu erfüllen sein.

Das Rückenmark des enthirnten Frosches muss möglichst lange reizbar bleiben, worauf am sichersten zu rechnen ist, wenn sein Blutstrom einen ungestörten Fortgang nimmt. Darum ist bei der Enthirnung und den nachfolgenden Operationen jeder nennenswerthe Blutverlust zu vermeiden.

Ohne Verletzung irgend welchen Nervenstämmchens müssen die Sehnen sämmtlicher Muskeln aus ihrer Verbindung mit dem Femur gelöst werden. Nachdem dieses geschehen, ist das von seinen Weichtheilen befreite Femur zu entfernen, wonach es alsdann möglich wird, die über den Oberschenkel laufenden Muskelbäuche soweit von einander zu trennen, dass sich jeder einzelne, ohne seinen Nachbar zu zerren, bewegen kann.

An jede der losgelösten und mit einer Marke versehenen sehnigen Enden muss ein fester, längerer Faden geschnürt sein, welcher mit einem Schreibstift in straffe Verbindung zu bringen ist.

Nach Vollendung der beschriebenen Vorbereitungen, und nachdem auch noch der Plexus ischiadicus des zweiten sonst unversehrten Beines durchschnitten ist, wird der Körper des Frosches auf einer gestielten mit einem festen Stativ zu verbindenden Metallplatte befestigt werden müssen. Zu einer unverrückbaren, keine Erregungen des Rückenmarks veranlassenden Befestigung bieten die entnervten Theile, Kopf und Schenkel allerdings genügende Handhaben; doch genügte auch die einfache Befestigung des entnervten Beines und des Beckens durch Bänder; sie veranlassen, wie ich thatsächlich erfuhr, selbst bei Strychninvergiftung keine Reflexe und von Hemmungswirkungen kann zudem nicht die Rede sein. — Der Unterschenkel des Reflexbeines, welcher nur durch die Nerven und die Haut mit dem Oberschenkel verbunden bleibt, wird durch eine von dem allgemeinen Träger kommende Klemme an dem Kopfe der Tibia in einer der Kniebeugung entsprechenden Stellung gehalten, damit die freien Sehnenenden der vom

Fuss aufsteigenden Muskeln gleich den vom Becken herablaufenden nach unten hin gerichtet sind.

Weil die Muskeln ihre Bewegung auf eine zeitmessende Trommel schreiben sollen, wird der an die Sehne befestigte Faden mit je einem langen dünnen Stahldrahte verknüpft, jedes der Drähtchen lief durch zwei senkrecht übereinander stehende Oeffnungen, welche in zwei längere steife Blechstreifen eingeschlagen waren. Die Eisenstäbchen können sich sonach nur in senkrechter Richtung bewegen. Den Blechstreifen war eine bogenförmige Gestalt gegeben, ihre Kanten stellten Kreisabschnitte vor, von einem mit dem Trommelumfang concentrischen Verlauf. Die beiden Blechstreifen waren an ihren Enden durch feste Stäbe verbunden, so dass die Lage und der Abstand ihrer Flächen sich stets unverrückt erhielten. In dem zwischen den beiden Führungsblechen gelegenen Raume war auf jedes Stahlstäbchen eine in beliebiger Höhe festschraubbare Hülse aufgesteckt und diese selbst mit einem Schreibstift versehen, dessen eines freies Ende auf bekannte Art mittels eines Fadenpendels an die Trommel angedrückt wurde.

Um den Plan des Versuches zu erfüllen, durften auf einmal nie weniger als 11, zuweilen mussten sogar 19 Muskeln gleichzeitig schreiben, also galt es die Fäden der Sehnen aus dem kleinen Umfang, den sie in unmittelbarer Nähe des Kniegelenks einnehmen, auf den grossen Kreisbogen zu vertheilen, auf welchem die Träger der Schreibstifte aufgestellt waren, und zwar derart, dass die letzteren entsprechend der veränderlichen Länge der Muskeln ohne merkliche Reibung steigen und fallen konnten. — Als zweckmässig wurde hierzu befunden, nahe unter den Sehnenenden ein an den allgemeinen Träger befestigtes Blech aufzustellen, welches die von dem Frosch herabfallende Flüssigkeit von den Fäden und Stäben ablenkte. In dieses Blech wurden in einem dem Querschnitt der zusammengelegten Ober- und Unterschenkel entsprechenden Kreise die nöthige Zahl von Löchern eingeschlagen und über dem oberen der beiden zur Führung der Stahldrähtchen dienenden Blechstreifen noch ein weiterer gleich geformter und gleich vielmal durchbohrter gestellt. Der dritte der Blechstreifen konnte auf dem allgemeinen Träger nach Belieben höher oder tiefer angeschraubt werden. Vermöge der gewählten Einrichtung liefen die von den Sehnenenden abgehenden Fäden zuerst senkrecht durch den kleinen Löcherkreis des Schutzblechs, dann wichen sie schief auseinander zu den Löchern des obersten der drei Blechstreifen, und jenseits derselben wieder senkrecht zu den oberen Enden der Stahldrähtchen. Da der Frosch, das Schutzblech, der oberste der drei Blechstreifen und die Führungsbleche der Stahlstäbchen unabhängig von einander zu bewegen waren, so konnte der Abstand zwischen dem ersten und letzten senkrechten Verlauf der

Fäden gross genug gewählt werden, um stets den Zug der Muskeln ohne merkliche Reibung auf die Schreibstifte übertragen zu können.

Die mit dem berussten Papier überzogene Trommel drehte sich gleichmässig mit einer Geschwindigkeit, bei welcher in 0·14 Sec. 10 mm ihres Umfanges weiter bewegt wurden.

Als Reizmittel für die Haut des Reflexbeines dienten kleine auf 47 bis 62° C. erwärmte Metallplättchen, Drücke und elektrische Schläge von verschiedener Stärke und Essigsäure von bekannter Verdünnung.

Uebersicht der Ergebnisse. — Rufen mehrfache aufeinanderfolgende gleichartige, an demselben sensiblen Orte angebrachte Reize Bewegungen in einer grösseren Zahl von Muskeln hervor, so kann die Reihenfolge, nach welcher die einzelnen ihre Verkürzung beginnen, verschiedenartig ausfallen. Allerdings erscheint unter den möglichen Ordnungen eine derselben vorzugsweise oft, doch ereignet es sich auch, dass statt der gewöhnlichen Reihenfolge *a*, *b*, *c* . . . irgend welche andere auftritt, indem der Muskel *b* sich früher als *a* oder später als *c* contrahirt. Gleiches gilt für *c* oder jeden anderen der reflectorisch erregten Muskeln.

Die von denselben sensiblen Nerven aus eingeleitete Erregung kann demnach mit Umgehung aller übrigen motorischen Wurzeln jede ihr überhaupt zugängige erreichen, ohne dass der Reizung eines zweiten die eines ersten motorischen Nerven vorausgehen muss. Vermag aber der vom sensiblen Nerven herandringende Anstoss mit Auswahl bald diesen oder jenen Muskel zu erfassen, bevor er andere ihm gleichfalls zugängige berührt hat, so müssen sich auch von den sensiblen Gebieten des Rückenmarks aus zu den Wurzelbereichen jedes Muskelnerven besondere Wege erstrecken. Unter den von jedem sensiblen Orte zu den verschiedenen Muskeln sich erstreckenden Verbindungen sind jedoch einzelne bevorzugt, so dass die Erregung sie leichter als alle übrigen durchsetzen kann, denn es betheiligen sich gewisse Muskeln früher und häufiger als andere am Reflex, und dieses nach einer bestimmten Reihenfolge.

Den Zeitraum, innerhalb dessen der gesammte Reflex abläuft, kann man in drei Perioden theilen; eine erste, welche mit dem Beginn des sensiblen Reizes anfängt und mit dem Anfang der Bewegung schliesst, diesen Abschnitt nennt man gegenwärtig vorzugsweise die Reflexzeit; an sie fügt sich die zweite Periode, die von dem Beginn der ersten bis zu dem der letzten Contraction dauert; die dritte würde mit dem Austritt des letzten der erregten Muskeln aus seiner Contraction schliessen. — Ueber die Dauer der zweiten dieser Perioden geben meine Versuche Aufschluss. Ihre physiologische Bedeutung besteht darin, dass sich während ihr der vom sensiblen Nerven ausgehende Anstoss über alle die motorischen Wurzeln ausbreitet,

welche er überhaupt zu erreichen vermag. — Um sie von anderen Zeitabschnitten zu unterscheiden, heisse die zweite Periode die Ausbreitungszeit.

Für die Dauer der Ausbreitungszeit bedingt es einen Unterschied, ob das reflectirende Rückenmark die normale chemische Zusammensetzung besass oder ob es mit Strychnin vergiftet war. Im letzteren Falle ist dieselbe stets von sehr geringer Dauer, unabhängig davon wie der Reflex hervorgerufen wird. — Die folgenden Angaben beziehen sich unter Ausschluss der Strychninvergiftung auf ein normales Rückenmark.

Vorausgesetzt die Reizung des sensiblen Nerven sei vor oder spätestens mit dem Eintritt des Reflexes unterbrochen worden, so kann die Ausbreitungszeit verschieden lange, weniger als 0·01 oder auch bis zu einigen Secunden hin, andauern; ihren Betrag beeinflusst die Zahl der am Reflex betheiligten Muskeln, die Stärke und die Art des Reizes, ohne dass jedoch unter einer der genannten Bedingungen die Ausbreitungszeit einen bestimmt zugemessenen Werth annimmt.

Ungeachtet dessen, dass die Zahl der erregten Muskeln eine geringe gewesen, kann die Dauer der Ausbreitungszeit länger als andere Male beim Ergriffensein einer grösseren Zahl von Muskeln werden. Und obwohl nach stärkeren Reizen die Ausbreitungszeit sich meist verkürzt zeigt, so geschieht dieses keineswegs jedesmal. Zwischen dem Einfluss von Druck- und Wärmereizen besteht insofern ein Unterschied, als nach der Einwirkung der ersteren die Ausbreitungszeit niemals so grosse Werthe annimmt, als sie häufig, wenn auch nicht immer, nach der Erwärmung der Haut in den Temperaturgrenzen von 47 bis 61° C. beobachtet werden.

Den Zeitraum, welcher verstreicht, bis nach dem ersten jeder der späteren Muskeln in die Zusammenziehung eintritt, wollen wir die Zögerung oder die Latenz des betreffenden Muskels nennen. Auch für sie lässt sich keine bindende Regel aufstellen, etwa wie die, dass die Latenz eines jeden Muskels einen stets bestimmten Bruchtheil der gesammten Ausbreitungszeit ausmachte. Die Zögerung eines Muskels bleibt selbst dann von einem zum anderen Reflex nicht unverändert, wenn zwei der letzteren rasch hinter einander ausgelöst werden, die sich aus einer gleichen Zahl in derselben Ordnung aufeinander folgenden Muskeln zusammensetzen und deren Ausbreitungszeit nicht wesentlich verschieden ausfällt. Der Muskel *b*, welcher in einem ersten Reflex rasch auf *a* folgte, kann in einem zweiten später eintreten und dabei kann das Intervall zwischen *a* und *c* sich gleichbleiben oder ebenfalls verändert worden sein.

Die geringe Geschwindigkeit, mit welcher sich so häufig die Erregung von einer motorischen Wurzel zur anderen ausbreitet, beseitigt die Vorstellung, dass das Fortschreiten derselben innerhalb eines dem Stoffe des Axencylinders gleichen oder auch nur ähnlichen geschehe. Und der von

allen benachbarten unabhängige Wechsel der Latenz jeder Wurzel macht die Annahme unmöglich, dass die zeitliche Aufeinanderfolge der Erregung in den einzelnen Muskeln von der Leitung in einem stets gleichartigen Stoffe bedingt sei. — Werden die sensiblen Nerven dauernd erregt, was durch den Gebrauch des Wärmereizes möglich ist, so verharren die vom Reflex ergriffenen Muskeln nicht in einer anhaltenden Verkürzung, sie erschlaffen nach der Ausführung einer Bewegung alsbald wieder, um nach einiger Zeit in einen neuen reflectorischen Anfall zu gerathen. Solche Anfälle wiederholen sich nach dazwischen liegenden Zeiten der Ruhe mehrmals. In jedem derselben kann die Ordnung, in welcher die Muskeln ihre Verkürzung beginnen, ebenso ihre Zahl und die Latenz jedes einzelnen verschieden sein.

II.

Die Begründuug und die weitere Ausführung der vorgetragenen Sätze ist in der nun folgenden ausführlicheren Darstellung der Versuche zu finden. Bevor ich auf dieselbe eingehe, darf ich nicht verschweigen, weshalb ich im Vorhergehenden und Folgenden von der Beantwortung aller Fragen absah, die sich auf die sogenannte Coordination der Muskeln beziehen. Da uns bekannt ist, wohin die einzelnen Abschnitte des Beines geführt werden nach einer auf die Haut der Extremität angebrachten Reizung, so könnte man erwarten, es sei nach der gleichzeitigen Untersuchung so zahlreicher und bedeutungsvoller von ihren Ansätzen abgelöster Muskeln möglich anzugeben, ob die Reihenfolge ihrer Zusammenziehung derart stattfinde, dass durch sie die Umlagerung der einzelnen Atheilungen des Gliedes auf das einfachste und sparsamste bewerkstelligt werde. An diese wichtige Aufgabe wird man aber erst dann mit Hoffnung auf Erfolg herantreten können, wenn die Anatomie des Froschbeines weiter als heute gediehen ist. Ganz abgesehen von allen höheren durch die Mechanik gestellten Forderungen ist uns sogar das Genauere des Gelenkbaues unbekannt, ja wir wissen nicht einmal wie und wohin einzelne Muskeln, wenn sie sich auch allein bewegen, die zugehörigen Knochen führen. Und zwar deshalb nicht, weil mehrfache Muskeln, z. B. mit Ausnahme des Extensor brevis alle Dreher des Knies, über zwei Gelenke ungleich weit hinausgreifen, und weil sie mit der fortschreitenden Verkürzung ihren Angriffspunkt auf die Knochen ändern. Handelte es sich nur um die Erkenntniss, wie das Springen und Schwimmen des Frosches zu Stande kommt, so würde es sich kaum der Mühe lohnen, das schwierige Geschäft in Angriff zu nehmen, soll uns aber das Froschbein als ein Mittel zur Einsicht in die allgemein wichtigen Vorgänge innerhalb des Rückenmarkes dienen, so wird die eingehendste Aufhellung seiner Mechanik unumgänglich sein.

Reize. Als Mittel zur Erregung der Hautnerven dienten in verschiedenen Abstufungen ihrer Stärke der Druck, die Wärme, der Inductionsstrom und verdünnte Essigsäure. Unabhängig von den Graden seiner Intensität wäre eine genaue Abgrenzung der Dauer des reizenden Eingriffs erwünscht gewesen. Eine solche scheint sich jedoch nicht erreichen zu lassen, vorausgesetzt, dass man die Erfahrungen auf den Frosch übertragen kann, die man nach schmerzhaften Eingriffen auf die eigne Haut gewinnt. Denn jeder stärkere, noch so kurz dauernde Eingriff erzeugt in unserer Haut kein ebenso rasch vorübergehendes Schmerz- oder Unlustgefühl, sondern eine dauernde ganz allmählich abklingende Empfindung. Und ähnlich verhält es sich nach schwächsten, Kitzelgefühle bedingenden Einwirkungen. Unter Berücksichtigung dieses Umstandes würde man durch die Annahme einer Täuschung verfallen, dass die Dauer der Hauterregung und die des reizenden Eingriffs sich deckten. Ebensowenig lässt sich die Behauptung festhalten, dass die Dauer des von dem verwendeten Reize erreichbaren Maximums der Empfindung von der Anwesenheit des Eingriffs bestimmt werde. Hiergegen spricht die bekannte Erfahrung, dass während eines andauernden Hautreizes die Reizbarkeit abnimmt. Demgemäss wird man sich, wenn es sich um eine Bestimmung der Reizungszeit handelt, nur auf die Angabe einer längeren oder kürzeren Dauer derselben beschränken müssen.

Zur Abstufung und Ausbreitung des Druckreizes dienten verschiedene Mittel. Bestreichen der Haut mit einem Malerpinsel oder mit einem feinen glatten Metalldraht, gilt mir als der schwächste Druckreiz; ist von einem mittelstarken die Rede, so war eine Hautfalte oder ein Zehenglied zwischen den Armen einer Pinzette mässig gepresst worden. Zur Erzeugung des stärksten Druckes diente eine federnde, an ihren freien Enden mit Zähnen versehene Zange, sie wurde geöffnet an die Haut angelegt, mittels eines vorgeschobenen Stiftes rasch geschlossen und eben so rasch wieder geöffnet. Mit diesem als Blitzzange zu bezeichnenden Werkzeug konnte während einer nur nach kleinen Bruchtheilen einer Secunde dauernden Zeit die Haut in grösserer oder kleinerer Ausdehnung stark zusammengekniffen werden.

Sehr häufig bediente ich mich der Temperatur als Reizmittel. Die Vortheile ihrer Anwendung dürften in der genauen Abgrenzung ihrer Einwirkung, der sicheren Abstufung ihrer Stärke und in der geringen Störung der Reizbarkeit gefunden werden, welche sie innerhalb gewisser Grenzen der Zeit und des Grades angewendet, hinterlässt. Zum Gebrauch eignet sich der Temperaturreiz nur dann, wenn er rein, d. h. ohne Zuthun eines Druckreizes angewendet und wenn die erregende höhere Temperatur nach Belieben plötzlich ebensowohl hergestellt als durch eine niedere ersetzt werden kann.

Zur Erfüllung der ersten Bedingung wird verlangt, dass die Fläche, welche die Wärme auf die Haut übertragen soll, unverändert mit der letzteren

verbunden bleibe, unabhängig davon, auf welche Temperatur sie gebracht wird. Das sehr dünne Kupferplättchen, welches mir als Uebermittler der Reize diente, musste deshalb unverrückt einer Hautstelle anliegen, die während des Versuchs selbst vollkommen ruhte. Und um die Temperatur des Metallplättchens nach Belieben und rasch veränderlich zu machen, müssen Wasserströme von bekannter aber verschiedener Temperatur an ihm vorbeistreichen. Aus diesen Bedingungen leitet sich die Gestalt des in Fig. 1 schematisch wiedergegebenen Wärmeträgers ab.

Eine Messingröhre *I* ist an ihrem conisch zulaufenden Ende durch eine dünne kreisförmige Kupferscheibe verschlossen; sie soll mit der Haut in Berührung kommen. Aus der Lichtung der Röhre zweigt sich seitlich möglichst nahe der Kupferscheibe ein Rohr *b* ab. Das der Kupferscheibe entgegengesetzte Ende des Rohres *I* ist auf den Mantel eines Hahns aufgelöthet, so dass seine Lichtung sich in die des Mantels öffnet. An dem Mantel des Hahns sind rechts und links zwei andere Röhren *dd'* gelöthet, deren geradlinige Fortsetzung je eine in's Freie gehende Mündung besitzt, die durch je einen hier nicht gezeichneten Hahn zu verschliessen ist. Vor der freien Oeffnung gehen von den Röhren *d* und *d'* unter je einem rechten Winkel die weiteren Messingröhren *II* und *III*. Aus einer derselben *II* kann warmes und aus der andern *III* kaltes Wasser in die Lichtung von *I* übergeleitet werden, je nachdem der Zapfen des Hahnes *L* derart gestellt ist, dass er seine rechtwinkliche Durchbohrung entweder *l* mit *II* oder *I* mit *III* verbindet. Jede der weiteren Röhren *II* und *III* ist ausser der in dem Hahn mündenden noch mit zwei Oeffnungen versehen, einer endständigen und einer seitlichen cc^1. In die endständige Oeffnung wird mittels eines Korkes ein Thermometer eingesetzt; jede der seitlichen *c* und c^1 steht mit einem grösseren hier nicht gezeichneten Behälter in Verbindung, aus welchem Wasser zufliessen kann, wenn der am Ausfluss des Behälters befindliche Hahn geöffnet ist. Einer der letzteren ist mit kaltem, der andere mit warmem Wasser gefüllt.

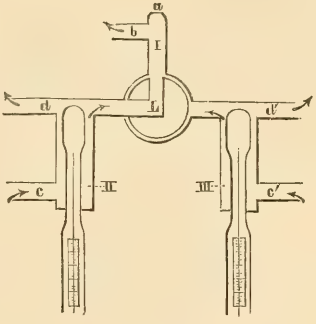


Fig. 1.

Der Gebrauch des Apparates ist leicht verständlich. Nachdem das Kupferscheibchen an dem gewünschten Orte gegen die Haut des Frosches unverrücklich angepresst ist, wird der Hahn, welcher den mit kaltem Wasser gefüllten Behälter von *III* abschliesst, geöffnet und es bewegt sich nun der kalte Strom in die Lichtung von *III* und von da durch das in das Freie mündende Ausflussrohr d^1. Wird nun die Mündung des letzteren ver-

schlossen, dagegen der winkelrecht durchbohrte Zapfen des Hahnes *L* auf die Verbindung von *I* mit *III* gedreht, so fliesst nun das kalte Wasser durch die Lichtung von *I* nach *b* ab. Haben die Wandungen der Rohre *I* die gewünschte Temperatur erreicht und will man nun zur Erwärmung der Kupferscheibe übergehen, so setzt man, bevor noch die kalte Zuströmung unterbrochen wird, die Röhre *II* mit dem Behälter voll warmen Wassers in Verbindung und lässt so lange warmes Wasser in *II* ein und durch da in's Freie führenden Röhrchen *d* wieder abfliessen bis das in dem Strome stehende Thermometer die gewünschte Temperatur anzeigt. Alsbald wird das in das Freie mündende Abflussrohr gesperrt, der Hahn *L* aber auf die Verbindung von *I* mit *II* gedreht, sodass das warme Wasser nun seinen Ausweg durch *I* nach *b* suchen muss. Dadurch dass man die Rohre *II* vorwärmt, indess aber die mit der Haut sich berührende Kupferscheibe auf der niederen Temperatur erhält, gelingt es vor der Haut eine sehr steil ansteigende Wärmeschwankung zu erzeugen, denn es nimmt fast momentan die Kupferscheibe den Wärmegrad des zuströmenden heissen Wassers an. Hiervon habe ich mich durch Versuche mit dem Thermomultiplicator überzeugt.

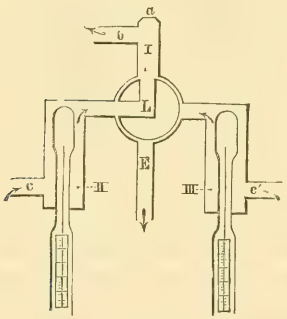


Fig. 2.

Den Bau des in seinen Grundzügen beschriebenen Apparates wählte ich zu einer Zeit, als ich noch an der von Affanasiew und Rosenthal herrührenden Angabe festhielt, dass die Reizung der Nerven durch die Wärmeschwankung hervorgerufen werde. Gegenwärtig, wo ich durch die Erfahrung eines anderen belehrt bin, würde ich dem die Wärme zuführenden Röhrenwerk eine andere leichter zu handhabende Gestalt etwa dadurch geben (siehe Fig. 2), dass ich an den Mantel des Hahnes *L* noch eine vierte Röhre *E* gegenüber derjenigen einsetzte, welche den Zufluss zu *I* besorgt. Aus ihr würde der Stellung des rechtwinkelig durchbohrten Hahnzapfens entsprechend das Wasser aus *II* und *III* durch *E* abfliessen können, so lange es nicht zu *I* hinströmen sollte.

Je nach der gerade verfolgten Absicht wurde der dem Kupferplättchen zugeführte Wärmestrom unterbrochen und durch einen kalten ersetzt, entweder unmittelbar nachdem der erste der zum Schreiben vorgerichteten Muskeln sichtbar zu zucken begann, oder um einige gewöhnlich um 8 Secunden später oder endlich erst dann, wenn trotz der fortdauernden Anwesenheit des Wärmereizes keine weiteren reflectorischen Bewegungen mehr eintraten, also unter der Einwirkung der höheren Temperatur irgend welche in den Reflexmechanismus eingerechnete Bestandtheile ermüdet waren.

Von der unversehrten Haut aus konnte, vorausgesetzt, dass die Wärme durch das Kupferscheibchen zugeführt wurde, niemals eher ein Reflex her-

vorgerufen werden, als bis die Temperatur des Plättchens auf 47° C gestiegen war, meistens bedurfte es sogar eines Wachsthums derselben auf 49° bis 50° C, zuweilen sogar einer über 50° C gelegenen Temperatur. Dem Plättchen gegenüber verhielten sich also die Enden der Hautnerven wie es nach Eckhard und Grützner für die motorischen und sensiblen Stämme der Fall zu sein pflegt. Nicht die schwankende, nur die auf einen bestimmten Grad angestiegene Temperatur wirkt reizend. Wesentlich anders als kleine verhalten sich dem absoluten Werth der Temperatur gegenüber grösseren Flächen der Ober- und Unterschenkelhaut. Nach dem Vorbild von Goltz[1] und Foster[2] habe ich zahlreiche Beobachtungen über den Einfluss angestellt, welchen grössere von bestimmt temperirtem Wasser betroffene Hautflächen auf die Erzeugung von Reflexen üben. Dabei überzeugte ich mich von dem Satze, dass der be- und der enthirnte Frosch sich ungleich empfindlich gegen die Wärme erweisen. Der Unterschied zwischen dem geköpften und dem unversehrten Frosch ruht jedoch keinenfalls auf dem gestörten Blutstrom, denn er besteht auch noch nach der an dem letzteren ausgeführten Unterbindung der Aorta abdominalis; ob aber der Blutstrom für den Grad der Empfindlichkeit des hirntragenden Frosches etwas bedeutet, muss ich offen lassen. — Ueber dem Temperaturgrad, welchen das den Schenkel umgebende Wasser angenommen haben muss, um einen Reflex auszulösen, haben mir meine Versuche keinen bestimmten Aufschluss gegeben; das Ergebniss derselben stimmte weder mit der Angabe meiner Vorgänger, welche auf 35° C lautet, noch war es in den einzelnen Beobachtungen ein übereinstimmendes. Die Erfahrung von Foster, dass der enthirnte Frosch zu einem Reflex angeregt wird, wenn statt des ganzen Beines nur die Zehen in das warme Wasser getaucht werden, auch wenn dieses nicht über 30° bis 35° C temperirt ist, kann ich bestätigen. Für die Methodik der Wärmereizung ist es jedenfalls von Belang, dass die kleinen Flächen der Zehen, wenn sie allein erwärmt werden, gegen eine niedrigere Temperatur empfindlicher sind als die der Unter- und Oberschenkelhaut. — Aus der Gesammtheit der Beobachtungen mit Wärmereizen scheint zu folgen, dass nur die Temperatur, welche den Menschen schmerzt, beim Frosch Reflexe auslöst.

Essigsäure und der Inductionsstrom wurden auf bekannte Weise als Reizmittel angewendet. Der letztere entweder nur einmal oder unter öfterer Wiederholung in derselben Stärke nach kurzen annähernd gleichen Zeiten. Meist mehrte sich die Zahl der vom Reflex ergriffenen Muskeln mit der häufigeren Wiederkehr des elektrischen Reizes. Bewirkte z. B. ein Inductionsstrom nur die

[1] *Functionen der Nervencentren.* Berlin 1869. S. 128 ff.

[2] *Studies from the physiological Laboratory of Cambridge.* 1873. p. 36.

Bewegung von vier Muskeln, so konnten steigend sämmtliche zum Schreiben vorbereitete in Verkürzung gerathen, wenn der Strom in geringen Intervallen 8 bis 10 mal die Haut durchfahren hatte.

Praeparation des Frosches. Das Gelingen des Versuchs forderte, dass die motorischen und sensiblen Nerven der Extremität, deren Muskeln ihre reflectirte Zuckung aufzeichnen sollten, in vollkommen leistungsfähigem Zustand verblieben, nachdem die Sehnen von ihren Ansatzpunkten getrennt und die zugehörigen Muskeln so weit isolirt waren, dass jeder von ihnen, ohne die Nachbarn zu zerren, sich bewegen konnte. Die Praeparation, welche diese Aufgaben erfüllte, verlief folgendermaassen.

Von einem an der hinteren Grenze des Schädels ausgeführten Schnitte wurde das Hirn unter sorgfältiger Vermeidung jeder Blutung durch ein zugespitztes Holzstäbchen zerstört, welches die Schädelhöhle ausfüllend in dieser liegen blieb. Hierauf wurde die Aorta unmittelbar vor der Theilung in die Cruralarterien unterbunden und auf der linken nicht zur Beobachtung verwendeten Seite der 7., 8. und 9. Nerv durchschnitten, damit fernere Operationen nicht zur Blutung und die Befestigung des Thieres an dem rechten Bein nicht zur Auslösung von Reflexen führten.

Dann wurde die Haut in der Mittellinie der äusseren Seite des rechten Beines durchschnitten, anfangend etwa 1 cm unterhalb des Knies und schräg nach innen aufsteigend bis etwas über und nach aussen von der Symphysis oss. pubis. War die Haut zurückgeschlagen, so wurden die Sehnen der Muskeln in nachstehender Reihenfolge von ihren Ansatzpunkten um das Knie abgetrennt: Sartorius, Rectus longus, Rectus magnus, Semitendinosus, Semimembranosus, Triceps. Bei der Lostrennung des letzteren muss der innig an seiner Sehne liegende N. tibialis sorgfältig geschont werden. Sind die Sehnen durchschnitten, so werden die Muskeln aus der umhüllenden Fascia einen Centimeter weit gelöst, eine Länge, welche zur Unabhängigkeit ihrer Bewegungen von einander genügt. Um die Sehnen wurde dann je ein langer, feiner Leinenfaden festgeschlungen und an diesen eine die Muskelnummer tragende Marke angeknüpft. Nachher wurde der Frosch auf die linke Seite gelegt, der N. peroneus sammt einem Zweig den er zur Haut sendet, sorgfältig von dem Biceps und dessen Sehne losgelöst und nach oben geschoben. War die freigelegte Sehne des Biceps durchschnitten, so wurde der N. peroneus an den früher eingenommenen Ort zurückgebracht. Danach wurde der untere Theil des Musc. biceps aus seiner Fascia gelöst, alsbald auch die Sehnen des Tibialis anticus, des Extensor brevis und peroneus zertrennt. Jetzt wurden die Nn. tibialis und peroneus nach hinten gelegt, sodass ohne Gefahr für beide die Bänder des Kniegelenkes durchschnitten, die sichtbar gewordene Sehne des Gastrocnemius

abgetrennt, und die Enden der letztgenannten Sehne ebenfalls mit Leinenfaden umbunden und bezeichnet werden konnten.

Sollten nur die bisher genannten elf Muskeln ihre Zuckungen aufschreiben, so wurde weiterhin auf das Sorgfältigste der Oberschenkelknochen aus dem Fleische ausgelöst und herausgenommen, wonach die Operation vollendet war.

Auf eine etwas andere Art mussten die eingelenkigen Muskeln des Hüftgelenks behandelt werden, wenn auch sie in den Kreis der Untersuchung gezogen werden sollten. Da die meisten der reinen Hüftmuskeln sich mit sehr kurzen Sehnen an den Knochen setzen, so empfahl es sich mit möglichster Schonung der Muskelansätze den Oberschenkelknochen in so viel Abschnitte, als sich an ihn Muskeln anheften, zu zerschneiden, um für die Anknüpfung der Leinenfäden einen festen Halt zu gewinnen. Die erste Theilung fand über der Anheftung der Adductores magnus und longus statt, so dass das losgelöste Knochenstück die unteren Enden der beiden Muskeln umfasste. Der zweite Durchschnitt des Knochens geschah zwischen den Ansätzen des Ileopsoas und Pyriformis, hierauf wurde ein Knochenstück abgetrennt, an welches sich Pyriformis, Adductor minor und Pectineus ansetzten. Das letztere Stückchen wurde entsprechend den Ansätzen der drei Muskeln zersplittert, wenn sich hierbei, wie es zuweilen vorkam, ein Ansatz von den Knochen loslöste, so musste der Leinenfaden um die Muskelenden selbst geschlungen werden. Von den Sehnen, welche sich ausserhalb der Gelenkkapsel an den Körper des Femurs festsetzen, blieb jetzt noch der M. quadratus übrig. Wenn sein Ansatz abgetrennt war, so wurden schliesslich noch die Sehnen der Mm. obturator und glutaeus bei der Auslösung des Gelenkkopfes abgeschnitten. War der Kopf entfernt, so fand sich die Sehne des Obturators unter der Gelenkpfanne, die des Glutaeus dagegen zurückgezogen zwischen dem inneren und äusseren Kopf des Triceps. Um zu dem letzteren zu gelangen, musste die Haut und Fascia an der äusseren hinteren Seite des Os ischii durchschnitten werden. Die an die Sehnen der beiden Muskeln geknüpften Faden wurden der natürlichen Lage der Muskeln entsprechend hervorgezogen und gelegt.

Waren alle Muskelenden mit Faden und der Marke versehen, so wurde der Frosch mit Fliesspapier umhüllt, welches mit $^1/_2$ procentiger Na Cl-Lösung durchtränkt war; dann aber eine Stunde lang in einem durch Eis abgekühlten Raume aufbewahrt.

Prüfung des vorgerichteten Beines auf seine Leistungsfähigkeit. Nach der Vollendung der eingreifenden Operation erwacht die Besorgniss, dass auf dem verstümmelten Beine die früher vorhandene Befähigung zum Reflex wesentlich geschädigt sein möchte. Ob und inwieweit

liess sich leicht durch die Empfindlichkeit und durch die Bewegungen prüfen, die das vorgerichtete Bein im Vergleich mit dem anderseitigen darbot; denn vorausgesetzt, dass das zweite Bein ohne alle Verletzung geblieben war, musste sich auch seine Reflexbarkeit unversehrt erhalten haben, da das Rückenmark nach wie vor vom Blute durchströmt wurde und die von der Operation gesetzten schmerzhaften Eingriffe sich nur auf die durch die Hautschnitte und durch die Auslösung der Gelenke, namentlich die des untern Femurkopfes veranlassten, beschränkten.

Unmittelbar nach der Operation besteht zwischen der Empfindlichkeit beider Gliedmaassen insofern ein Unterschied, als sich vom unversehrten Beine aus schon schwächere Reize auf die Muskeln reflectiren; später scheint sich jedoch die stumpfere Empfindlichkeit des praeparirten Gliedes wieder mehr zu schärfen, da häufig einige Stunden nach der Vollendung des blutigen Eingriffs schon äusserst geringe Druckreize, z. B. ein Pinselstrich, genügen, um den Reflex zu erzeugen.

Umfang und Art der einmal ausgelösten Bewegung verhalten sich dagegen an beiden Beinen zu allen Zeiten gleich. Am deutlichsten lässt sich dies am Fussgelenk gewahren, weil ein bedeutender Theil der Muskeln des vorgerichteten Beines noch am Knochen haftet. Wird eine Zehe des letzteren sanft gedrückt, so beugt sich der Fuss und er fährt wischend über die Kniehaut, wenn eine Seite derselben gereizt wurde; einen stärkeren Druck auf die Zehe beantwortet das Rückenmark mit einer Beugung und rasch darauf folgender Streckung des gleichseitigen Fusses, und noch stärkere Drücke rufen Bewegungen des anderseitigen, namentlich auch des operirten Beines hervor, wenn die Haut des gesunden gereizt wurde. — Aehnlich den noch an die Knochen angreifenden verhalten sich die von ihm gelösten Muskeln. Reizungen der Haut, welche auf der gesunden Seite Knie und Hüfte zur Beugung bringen, veranlassen, auf die vorgerichtete Seite angewendet, in den blossgelegten Muskeln lebhafte Bewegungen, sodass jeder Zweifel an dem vollkommenen Bestand seiner Reflexerregbarkeit schwindet.

Das Schreibzeug für die Muskelzuckungen. — Die Reflexharfe. Ausser der festen Aufstellung des Frosches bedarf es um die Zuckung von 11 bis 15 Muskeln und mehr auf das berusste Papier der Trommel mit Sicherheit notiren zu lassen, einer besonderen Vorrichtung. Die Schreibstifte, die sich nur in senkrechter Richtung bewegen dürfen, müssen, um ihre Marken deutlich von einander getrennt zu halten, in je einer Entfernung von mehr als 5 mm die Trommel berühren. Daraus folgt, dass die in einem mit der Trommel concentrischen Kreisstücke aufgestellten Schreibstifte die Länge einer mehr als 100 mm betragenden Linie einnehmen.

— Die Muskeln dagegen, welche in der Nähe des Hüft- und des Kniegelenks sich ansetzen, umschreiben mit ihren freigelegten und abgeschnittenen Sehnen einen nur kleinen Kreis, aus dessen Umfang sie nicht herausgezogen werden dürfen, wenn sich selbst kleine in der Richtung ihrer Fasern ausgeführte Verkürzungen auf dem berussten Papier bemerklich machen sollen. Um den aufgezählten Bedingungen zu genügen, mussten an den Sehnen der Muskeln längere feste Leinenfaden angeknüpft sein, die vom Schenkel aus erst eine Strecke hindurch senkrecht nach unten verliefen, dann aber nach den Orten hin sich excentrisch abbogen, an welchen sich die Schreibstifte befanden. Wo die Fäden aus der senkrechten in die schief absteigende Richtung übergehen sollten, waren sie durch feine glattrandige Oeffnungen hindurch gezogen, die in einer Kreislinie dem Umfang des Froschschenkels entsprechend in ein Blech eingebohrt waren, das von einem Stativ gehalten wurde.

In der Richtung, in welcher sich die Muskeln verkürzen, müssen sie auch auf die Trommel schreiben und darum müssen die Faden, bevor sie zum Schreibstift gelangen, wiederum aus der schiefen in die senkrechte Richtung abbiegen. Demgemäss werden sie nun durch eine zweite Reihe von Oeffnungen gezogen, die in ein Blech gebohrt sind, das concentrisch mit dem Trommelumfang gebogen ist. — Und um es zu bewirken, dass die Schreibstifte sich nur senkrecht auf und ab bewegen, wurde jeder derselben mittels einer anschraubbaren Hülse an einen längeren glatten 1 ^{mm} dicken Stahldraht befestigt. Je ein solcher Stahldraht war durch zwei senkrecht übereinander liegende feine Oeffnungen gesteckt, die in zwei concentrisch mit der Trommel gebogene Streifen aus Messingblech eingebohrt waren. An dem Umfang der Bohrlöcher war das ausserdem starke Messingblech fein geschlagen und an den freien Rändern abgeglättet, damit die Stahldrähte einem möglichst geringen Reibungswiderstand begegneten. Die beiden Führungsbleche, welche sich in einem senkrechten Abstand von 100 bis 150 ^{mm} befanden, bildeten die horizontalen Begrenzungen eines vierseitigen, rechtwinkeligen Rahmens. Einer der senkrechten Stäbe des Rahmens war vorzugsweise kräftig gehalten und mit einer starken Schraubenhülse versehen, durch die er an einem soliden, standfesten Träger befestigt werden konnte; die zweite senkrechte Seite der Rahmen war aus einem weniger kräftigen Stabe gebildet, um dem freien Ende der durchlöcherten Bleche einen sicheren Halt zu gewähren. Füge ich nun noch hinzu, dass die Führungsstäbe oben mit je einer Oese zum Anknüpfen der Seidenfäden und unten zum Spannen der Muskeln mit je einem anschraubbaren Gewicht von je 5 ^{grm} versehen waren, dass die von den Führungsstäben winkelrecht sich abzweigenden Schreibstifte durch die bekannten Fadensenkel an die Trommel angedrückt wurden, und endlich dass neben alle sich entsprechenden Oeffnungen für die

Führung der Fäden und der Stäbe fortlaufende Zahlen eingeprägt waren, so wird das Verständniss der folgenden Figur mit Hülfe der beigefügten Zeichenerklärung dem Leser keine Schwierigkeit bieten.

Beschreibung der Figg. 3 und 4. An den allgemeinen Träger sind fünf anschraubbare Klemmen befestigt und durch Zwischenstücke sind mit dem letzteren verbunden das Körperblech *E*, die Tibialklemme *F*, das Schutzblech *H*, der Fadenlenker *J*, der Nadelführer *A K N A'*. — Das Körperblech (s. Fig. 4) trägt drei Schlingen, zwei derselben befestigen die Arme, die dritte das zusammengelegte entnervte linke Bein. Ueber den Schrägschnitt, durch welchen die ursprünglich viereckige Platte in eine fünfeckige verwandelt ist, hängt der rechte Oberschenkel des Frosches herab. Nahe dem Körperblech ihm anliegend steht die Tibialzange, die an das untere Ende eines senkrechten Stabes befestigt ist. An dem Stab kann der in die gebeugte Lage gebrachte Unterschenkel des vorgerichteten Beines emporgebunden werden. Das Schutzblech *H* ist dreiseitig und an den Rändern umgebogen, seine vom Frosch abgewendeten Kanten laufen in eine kleine Lücke aus, so dass die auf das Blech fallenden Wassertropfen jenseits der unteren Stücke der Reflexharfe herabfallen können. Der Lücke gegenüber näher dem hinteren Rand sind in einem kleinen Kreis 20 mit je einer Nummer versehene Löcher gebohrt, durch welche die mit den Sehnenenden verknüpften Fäden der Art gezogen sind, dass sie bis zum Schutzblech hin möglichst senkrecht herablaufen. — Tiefer als das Schutzblech steht der Fadenlenker *J*, ein Streifen starken Messingblechs 5 mm breit und 200 mm lang, um einen Radius gebogen, welcher den der rotirenden Trommel um 20 mm übertrifft. Durch dasselbe sind 20 Löcher gebohrt, in Abständen von je 7 mm; jedes Loch ist mit einer Nummer versehen. Der Abstand, in welchem Schutzblech und Fadenlenker von einander aufgestellt sind, muss gross genug sein, um die Winkel, in welchem die Fäden von oben und unten von der senkrechten Richtung abbiegen zu möglichst stumpfen werden zu lassen. — Der Nadelträger, welcher unter dem Fadenlenker eingeschraubt ist, besteht aus je zwei Blechstreifen von der Gestalt und der Durchlöcherung des Fadenlenkers. Sie sind 4 mm dick, 15 mm breit und 200 mm lang *A* und *A'*. An ihren Enden werden die Bleche durch zwei Messingstäbe verbunden bez. auseinander gehalten, die 150 mm Länge und 10 mm Durchmesser besitzen, *B*, *B'*. Die Schreibstifte, feine 5 cm lange Stäbchen, mit glatten zugefeilten Enden, stecken in kleinen Hülsen, die an die geradlinigen senkrecht herabsteigenden Stahlnadeln angeschraubt werden. Das Gewicht derselben ist am unteren Ende durch ein 5 grm schweres Cylinderchen vermehrt, *C C*. — Die Fadenpendel, durch welche die Schreibstifte an die Trommel angelegt werden, hängen von Häkchen herab, die drehbar auf das obere der Bleche angeschraubt sind, *M*; wo die Faden das zweite Blech *A* erreichen, durchsetzen sie abermals eine kleine Oese *N*, unter welcher das spannende Gewicht *D* angeknüpft ist.

Versuche am unversehrten Bein. Bevor zu der Untersuchung der Erscheinungen übergegangen wurde, welche bei der Benutzung der von ihren Ansatzpunkten abgelösten Muskeln zu beobachten sind, habe ich vielfach am unversehrten Bein bestimmt, welches seiner Gelenke zuerst gebeugt und in welchem zeitlichen Intervall die übrigen dem zuerst bewegten nachfolgten. Auch die Lösung dieser Aufgabe gelingt erst nach der Ueberwindung der Schwierigkeit, die dadurch entsteht, dass mit der Beugung

Fig. 4.

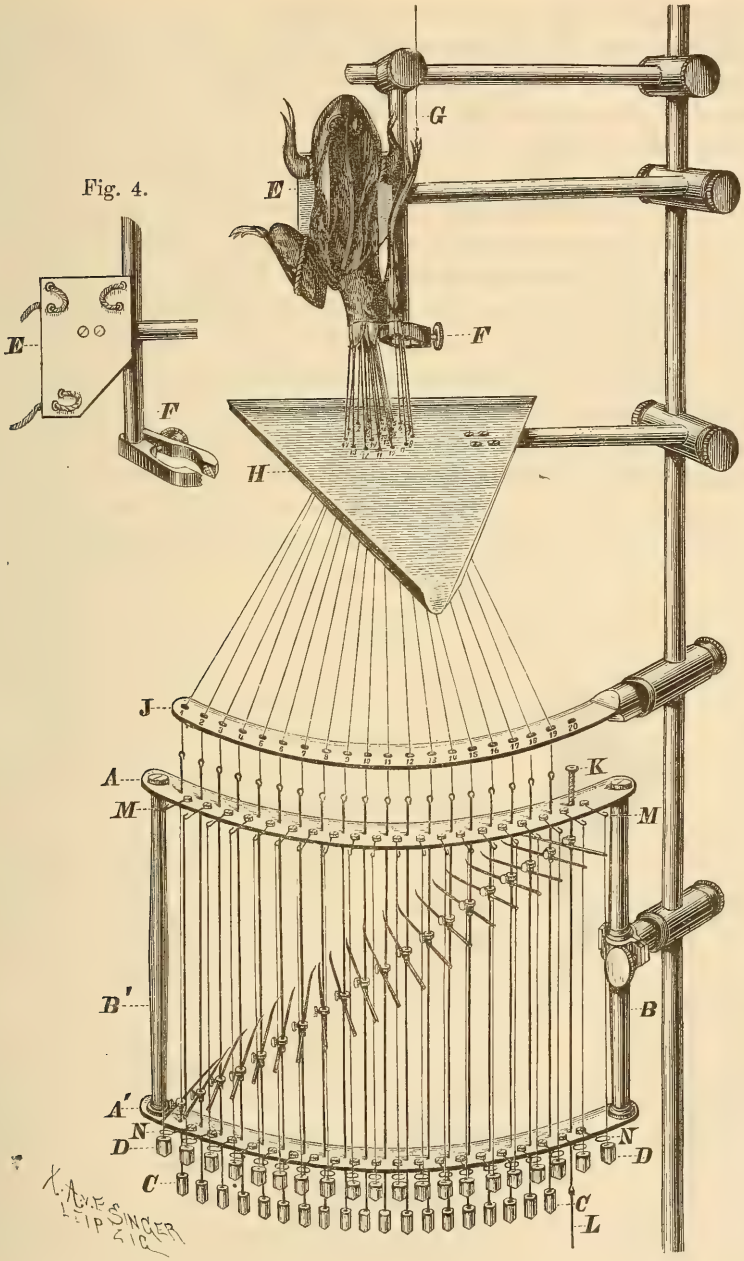


Fig. 3.

jedes dem Rumpfe näher gelegenen Gelenkes auch die tiefer herabhängenden Abtheilungen des Gliedes gehoben werden. Da den Versuchen nur insofern ein Werth zukommt, als sie mich über die beste Art den Reiz anzuwenden belehrten und mir Auskunft über die zeitliche Folge gewährten, in welcher die Gelenke zur Beugung gelangen, so beschränke ich mich auf die Angabe der Grundsätze, auf welchen meine Methode zu beobachten ruht und auf eine kurze Uebersicht der Resultate, welche durch das angewendete Verfahren gewonnen wurden. — An einem Frosch, dessen Gehirn zerstört ist, werden zwei feine Stahlnadeln, die eine nahe dem unteren Ende der Tibia *a*, die andere durch das untere Gelenkende des Femur *b* eingebohrt. Der frei vorspringende Theil der zweiten ist in seiner Mitte in einem rechten Winkel horizontal nach vorn und an seinem freien Ende zu einem kleinen Ring *d* umgebogen, welcher möglichst nahe an die Axe des Kniegelenks gebracht werden muss; unter die Sohle des Fusses, bei gestreckter Lage der Zehen wird eine kleine Holzschiene befestigt. Dann wird der Frosch auf ein starkes Brett und zwar derart gebunden, dass nur die zum Versuch dienende untere Extremität in hängender Stellung beweglich bleibt.

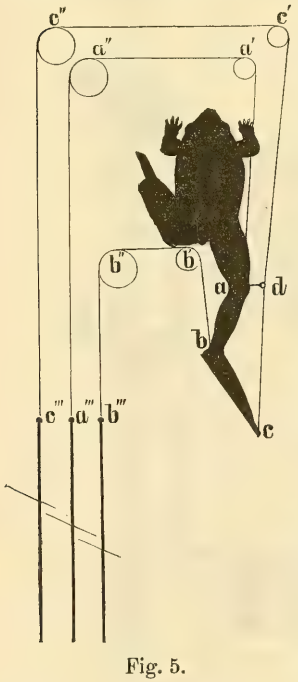


Fig. 5.

Das Brett wird in einen soliden Halter eingeklemmt, von welchem ausser anderen auch noch drei verstellbare Stäbe ausgehen, an deren freien Enden je ein gedecktes Röllchen frei beweglich und nach allen Richtungen drehbar angeknüpft sind. Ueber jedes der Röllchen *a′ b′ c′* wird ein starker Seidenfaden geführt: einer zu der Schiene des Fusses durch den vorspringenden Ring der Femurnadel verlaufend, der zweite zu der Nadel oberhalb des Fusses, der dritte zu der am Ende des Femurs. An ihren Enden sind die Fäden festgeknüpft. Ueber die Stellung der Röllchen und den Verlauf der Fäden giebt Fig. 5 Aufschluss.

In der Figur sieht man weiter wie sich von den Röllchen aus jeder der drei Fäden fortsetzt; jeder läuft über je eine grössere feststehende Rolle zuerst in wag- und dann in senkrechter Richtung *a″ b″ c″*. An die unteren Enden der Fäden schliessen sich Schreibstifte an, die in ungleicher Höhe durch einen Senkel an das berusste Papier einer rotirenden Trommel angelehnt sind. Bewegen sich Trommel und Bein, so entstehen auf dem Papier drei Curven, deren jeweilige Abweichungen von den Abscissen den Stücken der Fäden

entsprechen, welche von den Rollen auf- oder abgewickelt wurden. Solche Curven stellen nun eines der Hülfsmittel dar, aus denen die Aenderung der Lage abgeleitet werden kann, welche die unteren Enden des Femurs und der Tibia und die Zehenspitze in Folge von Bewegungen erfahren haben. Ausser der Grösse der genannten Ordinaten müssen zur Lösung der gestellten Aufgabe noch sechs Werthe bekannt sein, nämlich: der Abstand des Drehpunktes im Hüftgelenk von der Femurnadel, zweitens der des Femurendes von der Tibialnadel, drittens der der letzteren Nadel vom Ende der Fussschiene und endlich die Abstände jedes der drei Röllchen von den Punkten, an welchen die über sie geführten Fäden enden; als Bedingung gilt, dass die drei letzteren Grössen in der Ruhelage des Schenkels gemessen sind. Ist man im Besitz der möglichst sorgfältig ermittelten Werthe, so zieht man auf einem glatten Carton eine Gerade, in deren Verlauf als Drehpunkt des Hüftgelenkes willkürlich ein Ort angenommen wird. Ober- und unterhalb dieses ersten markirt man dann drei weitere Punkte und zwar da, wo die Axen der Röllchen eine Ebene schneiden würden, die durch sie und den Drehpunkt des Hüftgelenkes gelegt ist. Von den Axenpunkten der Röllchen aus werden dann drei gerade neben der zuerst gezogenen Linie geführt. Fasst man alsdann den Abstand der Femurnadel von dem Drehpunkt der Hüfte zwischen die Zirkelspitzen und schlägt von dem zuletzt genannten Punkte aus einen Bogen gegen die Linie, welche dem Faden entspricht, der von einem der Röllchen zum Knie herabläuft, so wird man da, wo sich der Bogen mit der Geraden schneidet, den Ort bestimmt haben, an dem sich die Femurnadel in der Ruhelage des Beines befand. Einen Beweis für die Genauigkeit der Angabe liefert die Uebereinstimmung des am hängenden Praeparat gemessenen Abstandes zwischen dem Röllchen und der Femurnadel mit der Länge der construirten Linie. Aehnlich bestimmt man die Lage der Tibialnadel, indem man den Abstand der Tibial- und Femoralnadel zwischen die Zirkelspitzen nimmt und von dem für die Femoralnadel gefundenen Punkte aus einen Bogen gegen die vom zugehörigen Röllchen ausgehende Gerade schlägt. Auf entsprechende Weise wird endlich die Lage des Schienenendes unter der Fusssohle aufgesucht. Um eine Vorstellung von den Winkeln zu erhalten, unter welchen die Gelenke gebeugt sind, kann man den Hüft- mit dem Kniepunkt, diesen wieder mit dem Punkte am Fussgelenk u. s. w. durch Linien verbinden. — Hat sich nun die Extremität bewegt, so lässt sich die zu einer gegebenen Zeit vorhandene Lage des Knies-, Fussgelenks- und Zehenpunktes mit Hülfe der auf die Trommel geschriebenen Curve finden. Zu dem Ende misst man die Ordinate der von der Kniefeder geschriebenen Curve, zieht den Werth derselben von der Länge ab, welche dem Faden vom Knieröllchen zur Femurnadel in der Ruhelage zukam und beschreibt

mit dieser verkürzten Länge vom Axenpunkt des Röllchens aus einen Kreis, einen zweiten aber vom Hüftpunkt aus mit der seinem Abstand vom Femurpunkt entsprechenden Länge. Wo sich beide Kreise schneiden, dort lag der Femurpunkt zu der Zeit, in welcher sich von der Rolle ein der Ordinatenhöhe entsprechendes Stück abgewickelt hatte. Misst man die zu derselben Zeit erreichten Ordinatenhöhen der zweiten Curve, zieht ihre Länge von der des zu der Ruhelage gemessenen Tibialfadens ab, und beschreibt von der neuen Lage des Kniepunktes aus einen Kreis mit dem Abstand zwischen Femoral- und Tibialnadel als Halbmesser, und einen zweiten von dem Axenpunkt der Fussröllchen mit der um die Ordinatenhöhe verkürzten Länge des Fadens vom Fussröllchen zur Tibialnadel, so erhält man am Schnittpunkt beider die Lage des unteren Tibialendes. Zieht man endlich vom Hüft- zum Kniepunkt und von diesem zum Tibialpunkt gerade Linien, so ergiebt sich die Grösse des Winkels, um welchen im Hüft- oder im Kniegelenk oder auch in beiden gedreht wurde. — Unterstellen wir z. B. um von einem häufig vorkommenden Falle auszugehen, dass sich nur das Knie gebeugt habe, so wird ausschliesslich der mit dem Tibialende verbundene Schreibstift unter die Abscisse gegangen sein, dagegen wird sich weder der vom unteren Ende des Femurs, noch der vom Fussende angehende Faden abgerollt haben, wie der Abstand des Femurendes von dem Röllchen, und der des Fussendes von dem Ring der Femurnadel unverändert blieb. Kleine Aenderungen in der Länge des Fadens, der vom Fussende zum Ring der Femurnadel geht, treten allerdings auch dann ein, wenn sich nur das Kniegelenk beugte, weil der Ring nicht genau in der Axe des Kniegelenks steht. Der hieraus sich ableitende Fehler lässt sich jedoch leicht unter Beachtung der Lage des Rings corrigiren.

Obwohl sich durch die geschilderte Methode mit einem grossen Grade von Genauigkeit angeben lässt, wie sich die Lagen des Ober-, des Unterschenkels und des Fusses gegeneinander änderten, wenn eine Bewegung stattgefunden hat, so reicht sie doch nicht weit, wenn sie zu Studien über Reflexbewegung verwendet werden soll. Für die Fortschritte in der Reflexlehre ist die Kenntniss der in Contraction gerathenen Muskeln nothwendig; unser Verfahren würde darum nur dann von einem durchschlagenden Werthe sein, wenn die einzelnen Gelenke des Froschbeines sich nur in Folge von Zusammenziehungen der Muskeln drehten. Dass diese Voraussetzung nicht zutrifft, dass vielmehr auch eine passive An- und Abspannung der Muskeln den von den Gelenkenden eingeschlossenen Winkel verändern kann, ergiebt sich aus der so zahlreichen Anwesenheit zweigelenkiger Muskeln am Froschbein. Nehmen wir beispielsweise an, die eingelenkigen Muskeln um das Hüftgelenk hätten den Oberschenkel gegen den Rumpf gebeugt, so würden der Semitendinosus und der Tibialis anticus in einen höheren Span-

nungsgrad gebracht sein und es würde sich darum das Knie- und das Fussgelenk beugen müssen. Eine Betrachtung gleich der eben angestellten lässt sich nun auf viele andere Muskeln anwenden. Glücklicher Weise ergiebt sich jedoch aus einer auf den beregten Punkt ausgedehnten Untersuchung am Froschbein, dass die Schwere des Fusses und Unterschenkels und die aus activer Bewegung einzelner Abschnitte hergeleitete Spannung

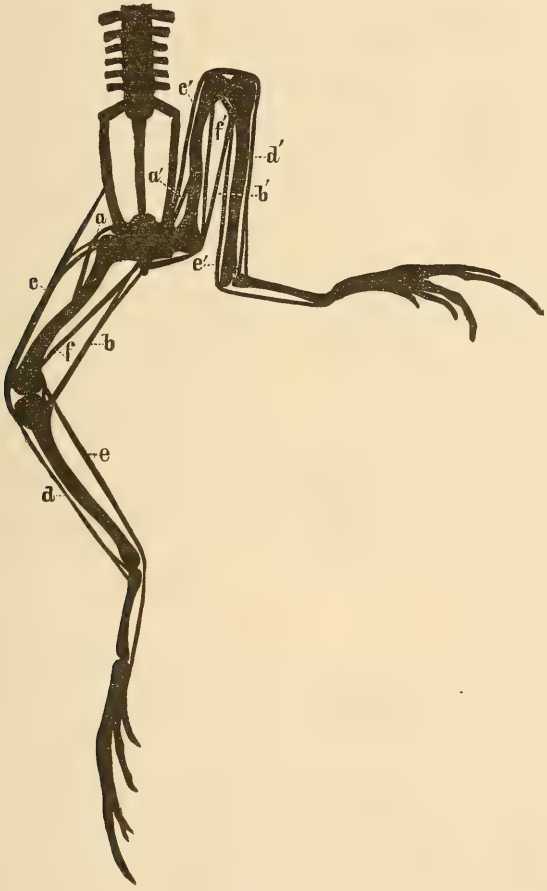


Fig. 6.

Die Figur ist nach einem Froschpraeparat schematisch entworfen, die gleichnamigen Muskeln sind mit denselben Buchstaben in den beiden Stellungen des Beines bezeichnet. Siehe auch E. Fick in *diesem Archiv.* 1879. S. 201.

ruhender Muskeln für die secundäre Drehung der Gelenke erst dann bemerkbar wird, wenn sich die thätigen Muskeln in einem beträchtlichen Umfang verkürzt haben. Deshalb wird es stets möglich sein, zu erkennen, in welchem Gelenk die Bewegung begonnen hat. Unbrauchbar für die

Beurtheilung des wahren Verhaltens werden dagegen die Theile der Beobachtung, in welchem die Drehung eines Gelenks einen höheren Grad erlangt hat.

Zur Veranschaulichung der Aenderungen in der Gliederstellung, welche durch die Dehnung zweigelenkiger Muskeln nach der Zusammenziehung eines eingelenkigen entstehen können, dient Fig. 6.

Aus den Ergebnissen der Versuche am unversehrten Bein scheinen mir die folgenden der Mittheilung werth.

1) Wird die Haut des Frosches mit einer 5 mm im Durchmesser haltenden Scheibe berührt, so lässt sich kein Reflex auslösen, wenn die Scheibe nicht mindestens auf 47° C. erwärmt ist. Der Reflex bleibt aus auch wenn man die auf weniger als 47° erwärmte Scheibe sich dauernd mit der Haut berühren lässt, und nicht minder wenn man die Scheibe von niederen Temperaturen möglichst rasch auf eine unter 47° C. liegende erhöht. Wenn aber die Temperatur der Scheibe 47° C. erreicht hat, oder auch erst wenn sie auf 48° bis 50° gestiegen ist, tritt eine Reflexbewegung auf, gleichgültig welch' niederer Wärmegrad dem Plättchen unmittelbar vorher gegeben war, ehe es auf die reizende Temperatur gehoben wurde. Dass nicht jedesmal schon bei einem Temperaturgrad von 47° die Reflexbewegung eintrat, wird man auf den verschiedenen Stand der Reizbarkeit, sei es der Hautnerven oder eines anderen Abschnittes des Reflexwerkzeuges, schieben können. Wie der wirksame Grad so zeigt sich auch die Zeit veränderlich, welche zwischen dem Eintritt des wirksamen Wärmegrades und dem Beginn der Reflexbewegung verstreicht.

2) Mit Rücksicht auf die zeitliche Folge, in welcher die Beugung im Hüft-, Knie- und Fussgelenk auftritt, und namentlich ob es von dem Ort des sensiblen Reizes abhänge, welches der Gelenke zuerst sich beuge, wurde gefunden, dass in der überwiegenden Mehrzahl der Beobachtungen, gleichgültig ob die Haut des Fusses, des Unter-, des Oberschenkels und des Bauches mit Säure oder mit Wärme gereizt wurde, das Knie zuerst sich beugte, ihm folgte in der Regel das Fussgelenk und erst nach diesem die Hüfte. Zur Ergänzung des eben Ausgesprochenen ist jedoch zu beachten, dass über das Verhalten der Fingergelenke sich bei der verwendeten Methode keine Auskunft gewinnen lässt.

Ohne allen Einfluss auf die Reihenfolge der Beugungen in den verschiedenen Gelenken ist jedoch der Ort des Reizes keineswegs. Denn wenn auch das Knie meist den Vorrang besitzt, so behauptet es ihn doch nicht immer, und häufig beugt sich mit dem Knie gleichzeitig ein anderes Gelenk. Namentlich bringt die Reizung der Bauchhaut öfter Beugung der Hüfte und die Reizung der Fusshaut die Beugung des Fusses vor oder gleichzeitig

mit der des Knies hervor. Das genauere Ergebniss der von mir vorgenommenen Ausmessungen geben die folgenden Beispiele.

Nach Reizung der Zehen und des Fusses — 13 Mal. — Es wird gebeugt

das Knie ausnahmslos zuerst,

das Fussgelenk beginnt 6 Mal mit dem Knie, und folgt ihm spätestens nach 0·065 Secunden,

das Hüftgelenk beginnt 1 Mal mit dem Knie, und folgt ihm höchstens nach 0·170 Secunden.

Nach Reizung des Unterschenkels — 14 Mal. — Es wird gebeugt

das Knie ausnahmslos zuerst,

das Fussgelenk beginnt 3 Mal mit dem Knie, und folgt ihm spätestens nach 0·070 Secunden,

das Hüftgelenk stets später als der Fuss, es folgt dem Kniegelenk spätestens nach 0·260 Secunden.

Nach Reizung des Oberschenkels — 23 Mal. — Es wird gebeugt

das Knie zuerst 20 Mal,

das Fussgelenk zuerst 3 Mal, es folgt dem Kniegelenk spätestens nach 0·080 Secunden,

das Hüftgelenk vor oder gleich dem Fussgelenk 10 Mal, es folgt dem Knie spätestens nach 0·260 Secunden.

Nach Reizung des Bauches — 8 Mal. — Es wird gebeugt

das Knie zuerst 4 Mal,

der Fuss zuerst 1 Mal,

das Hüftgelenk zuerst 3 Mal und 1 Mal gleichzeitig mit dem Knie. — Das Kniegelenk folgt dem Hüftgelenk spätestens nach 0·061, das Fussgelenk nach 0·072 Secunden.

Versuche mit den abgelösten Sehnen. Für den Versuch, in welchem die Muskeln unmittelbar den Anfang und den Verlauf ihrer Zuckungen auf die sich drehende Trommel schreiben, treten ihrer vielseitigen Wirkung wegen die das Knie überspringenden in den Vordergrund. Mit Ausnahme des schwachen Extensor brevis werden von ihnen neben den Knochen des Ober- und Unterschenkels noch mitbewegt entweder die des Beckens oder die des Fusses. Deshalb habe ich sie vorzugsweise häufig untersucht; bei einer der geübten Praeparationsweisen würden sie ausschliesslich, aber sämmtlich, mit Schreibstiften versehen, bei einer anderen wurden die vom Unter- zum Oberschenkel aufsteigenden unbenutzt gelassen, dagegen neben den vom Becken zum Unterschenkel herabgehenden auch

noch die ausschliesslich auf das Hüftgelenk wirkenden in den Kreis der Untersuchung gezogen. Praeparate der letzteren Art geben Aufschluss über die Stellung der ein- und zweigelenkigen Hüftmuskeln zu einander.

Dass die Erregung der Hautnerven nicht jedesmal sämmtliche der Beobachtung zugängige Muskeln zum Zucken bringt, wird kaum der Erwähnung bedürfen. — Wichtiger ist eine andere Erfahrung, die erst nach einer sorgfältigen Zergliederung aller Beobachtungen sichergestellt werden konnte. Die Summe der sich verkürzenden Muskeln und die zeitliche Folge, nach welcher sie ihre Zuckung beginnen, erwies sich unabhängig von den zur Reizung benutzten Orten und Mitteln. Ob die Zehen, der Mittelfuss, die verschiedensten Stellen des Unter- und Oberschenkels gereizt wurden, stets konnten sich alle Muskeln in sogleich zu beschreibenden Reihenfolgen zusammenziehen. Beweise für diesen Satz sind in den Tabellen zu finden, welche an den Schluss der Abhandlung verwiesen wurden, um den Fortgang meiner Mittheilungen nicht durch grosse Zahlenreihen störend unterbrechen zu müssen. Erwägt man, dass, wie bekannt, von allen soeben aufgezählten Hautstellen Beugungen sämmtlicher Gelenke des Beines reflectorisch zu erzeugen sind, so verliert auch diese Erfahrung das anfänglich Befremdende. Andererseits kann neben ihr noch die Annahme bestehen, dass von jedem besonderen Hautort auch eine besondere Art der Bewegung ausgelöst werden könne; denn die Stellung, in welche die Abtheilungen des Gliedes zu einander kommen, hängt natürlich ausser der Reihenfolge, in der die Muskeln in die Contraction treten, auch von den Verhältnissen der Stärke und der Dauer ihrer Verkürzungen ab.

Reihenfolge der sich verkürzenden Muskeln. Soll die Bewegung der verschiedenen Abtheilungen eines Gliedes zu den geordneten gezählt werden, und zu ihnen gehört die vom Rückenmark her reflectirte, so müssen sich nicht sämmtliche an ihr betheiligte Muskeln auf einmal, sie müssen sich vielmehr nach einer gewissen Ordnung zusammenziehen. Nun wird sich aber aus der Ordnung, nach welcher die einen früher oder später als andere ihre Zuckung beginnen, schliessen lassen, ob sich in dem Rückenmark die durch den sensiblen Nerven angefachte Erregung immer in gleicher Weise ausbreitet. Zur Beantwortung dieser wichtigen Frage sollen die zunächst folgenden Zahlen dienen.

Auf den Grad von Innigkeit, bis zu welchem die von dem sensiblen Nerven ausgehende Erregung mit einem der verschiedenen ihr überhaupt zugängigen motorischen Nerven verknüpft ist, wird man aus dem Verhältniss der Zahlen schliessen können, wie vielmal sich bei einer gegebenen Summe wirksamer Hautreize der Muskel zusammenzog; tritt einer oder treten mehrere in den Vordergrund, ziehen sie sich allein, wenn alle

übrigen in Ruhe bleiben, zusammen, so wird offenbar die durch den sensiblen Nerven hervorgebrachte Erregung durch irgend welchen Mechanismus in der nächsten Beziehung zu ihren motorischen Nerven stehen. Meine Aufzeichnungen ergeben

Tabelle I.

Zahl der Reizungen	Zahl der Frösche	Wie viel Mal die verschiedenen Muskeln sich contrahiren.					
136	13	Semitendinosus 115	Biceps 113	Semimembranosus 79	Rectus magnus 70	Rectus longus 68	Triceps 64
80	9	Tibialis anticus 61	Peroneus 35	Gastrocnemius 18	Extensor brevis 6	—	—
56	4	Ileopsoas 42	Adduct. magn. u. longus 32	Pyriformis 35	Glutaeus 34	Obturatorius 23	—
46	3	Adductor minor 20	Quadratus 23	—	—	—	—

Oder wird die Zahl der von je einem Muskel ausgeführten Verkürzung in Procenten der Reizung ausgedrückt:

Semitendinosus .	84	Semimembranosus	58	Triceps	47
Biceps	83	Adductor magnus		Peroneus	43
Tibialis anticus .	76	und longus . .	57	Adductor minor .	43
Ileopsoas . . .	75	Rectus magnus .	51	Obturatorius . . .	41
Pyriformis . . .	62	Rectus longus . .	50	Gastrocnemius . .	22
Glutaeus . . .	60	Quadratus . . .	50	Extensor brevis . .	7

Wegen ihrer häufigen Theilnahme an den Reflexbewegungen muss in der That den Mm. Semitendinosus, Biceps, Tibialis antic. und Ileopsoas ein bevorzugter Rang vor allen übrigen eingeräumt werden. Darf die Bedeutung, welche das Ergebniss meiner Beobachtungen beansprucht, schon wegen der grossen Zahl und der Verschiedenartigkeit der Reizungen nicht als eine geringe angesehen werden, so gewinnt dieselbe doch noch wesentlich dadurch, weil die genannten Muskeln entweder ausschliesslich wie der Ileopsoas oder wie die drei übrigen wenigstens vorzugsweise zu den Beugern gerechnet werden müssen. Die Häufigkeit ihres Auftretens stimmt demnach mit der aus anderweiten Versuchen bekannten Erfahrung, dass die von der Haut des Beines ausgelösten Reflexe zunächst die Beugung der Gelenke hervorrufen.

Die Reihenfolge, nach welcher sich die an den Reflexen betheiligten Muskeln dem Beginn ihrer Contraction gemäss ordnen, stellt sich, wenn die Angabe einer grösseren Versuchsreihe gerecht werden soll, nicht so einfach, wie man es nach der herrschenden Vorstellung über coordinirte Bewegungen erwarten sollte. Sie ist unter scheinbar gleichen Bedingungen sehr vielfältigen Aenderungen unterworfen. — Um den reichen und wechselvollen Inhalt meiner Erfahrungen wiedergeben zu können, muss ich zu ihrer tabellarischen Darstellung greifen.

In den horizontalen Eingängen der beiden Tabellen II und III sind die Namen der zum Schreiben vorgerichteten Muskeln eingetragen, die Zahlen, welche auf derselben Horizontalreihe in je einem Stabe stehen, beziehen sich auf den Eingangs verzeichneten Muskel. Die in die Köpfe der Stäbe eingetragenen lateinischen Ziffern geben die Ordnung an, nach welcher die Muskeln ihre Zuckung begannen. Steht also unter I hinter Biceps die Zahl 29, so bedeutet sie, dass nach den wirksamen Reizen der Biceps 29 mal allein oder gleichzeitig mit anderen die Reflexbewegung begann; steht für denselben Muskel unter II die Zahl 21, so bedeutet sie, dass so viel Mal vor dem Eintritt seiner Zuckung diejenige anderer vorausgegangen war, auf die er dann aber unmittelbar folgte u. s. w.

Die in der ersten Tabelle enthaltenen Angaben sind von Praeparaten geliefert, in welchen die sämmtlichen das Kniegelenk überspringenden und in seiner Nähe mit einer Sehne endigenden Muskeln schreibfähig waren.

Tabelle II.

80 Reizungen an 9 Fröschen.

Die erste Serie.

Namen der Muskeln	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	Total
Semitendinosus	39	6	6	4	—	—	1	2	3	—	—	61
Biceps	29	21	7	1	2	1	—	—	—	—	—	61
Semimembranosus	1	8	14	9	4	3	2	—	—	—	—	41
Tibialis anticus	16	22	8	1	1	1	6	2	4	—	—	61
Triceps	6	7	2	6	6	3	6	1	1	—	—	38
Rectus magnus	2	—	6	4	11	2	4	5	—	—	—	34
Sartorius	3	1	5	4	5	10	2	1	1	—	—	32
Rectus longus	—	—	1	3	10	8	4	4	1	—	—	31
Peroneus	—	2	3	8	2	2	4	6	5	3	—	35
Gastrocnemius	—	—	3	—	—	3	4	3	2	3	—	18
Extensor brevis	—	—	1	1	1	—	—	—	1	—	2	6

Die Thatsachen der zweiten Tabelle stammen von Praeparaten, an welchen die eingelenkigen Muskeln der Hüfte und die zweigelenkigen der Hüfte und des Knies vorgerichtet waren.

Tabelle III.

56 Reizungen an 4 Fröschen.

Die zweite Serie.

Namen der Muskeln	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII	XIV	XV	Total
Semitendinosus	35	5	8	1	3	1	1	—	—	—	—	—	—	—	—	54
Biceps	14	14	15	7	—	—	1	1	–	—	—	—	—	—	–	52
Semimembranosus	1	5	3	6	7	2	5	1	3	1	2	2	—	—	—	38
Triceps	1	1	1	4	1	1	—	2	1	5	1	2	3	2	1	26
Rectus magnus	1	7	1	9	3	5	2	4	1	3	—	—	—	—	—	36
Sartorius	—	1	8	5	7	1	3	2	3	1	—	1	1	—	1	34
Rectus longus	—	7	10	3	2	6	1	1	1	—	1	1	2	1	1	37
Glutaeus	1	6	1	1	4	2	2	5	4	3	—	4	—	1	—	34
Ileopsoas	1	6	7	8	3	4	3	1	6	1	1	1	—	—	—	42
Adductor magnus und longus	—	—	—	1	4	6	10	4	1	2	1	1	—	1	1	32
Pyriformis	—	1	1	6	5	5	5	2	2	2	3	2	—	1	—	35
Pectineus	1	1	—	1	—	1	—	4	2	1	6	2	2	2	1	24
Adductor minor	—	1	1	—	—	—	—	2	3	3	4	5	—	1	—	20[1]
Quadratus	—	—	—	—	5	6	1	3	1	—	2	1	3	1	—	23[1]
Obturatorius	1	—	—	1	5	2	1	3	1	3	1	2	2	—	1	23

Aus den beiden Zusammenstellungen lassen sich für die Ordnung, nach welcher die Muskeln in die Zusammenziehung eintreten, wohl Regeln, nicht aber Gesetze ableiten. Als Regel darf es gelten, dass die Muskeln, welche auch bei geringerer Ausbreitung der Reflexbewegung vorzugsweise häufig zur Contraction veranlasst werden, besonders oft die Reflexbewegung beginnen, und dass andere, wie z. B. Triceps und Gastrocnemius nahe am Ende der Reihe zur Verkürzung kommen, noch andere aber in den mittleren Stadien des Reflexes häufiger als am Anfang oder am Ende desselben sich zur Zusammenziehung anschicken.

Als Reihenfolgen, deren Vorkommen während des Ablaufs einer reflectirten Bewegung die grösste Wahrscheinlichkeit für sich hätte, lassen sich nach den Angaben der Tabellen II und III aufstellen:

Aus Tabelle II.	Aus Tabelle III.
Semitendinosus	Semitendinosus
Biceps	Biceps
Tibialis anticus	Ileopsoas
Semimembranosus	Rectus magnus

[1] = 46 Reizungen an 3 Fröschen.

Triceps	Semimembranosus
Rectus magnus	Rectus longus
Sartorius	Sartorius
Peroneus	Gluteus
Rectus longus	Pyriformis
Gastrocnemius	Triceps
Extensor brevis	Pectineus
	Adductor magnus
	Quadratus
	Adductor minor
	Obturatorius.

Die ausgesprochene Regel ist jedoch wie gesagt keineswegs eine allgemein gültige; nicht allein dass die Ordnung für die Muskeln mannigfach wechselt, welche ihre Contraction zwischen den Anfangs- und Endgliedern des Reflexes beginnen, selbst der für gewöhnlich zuerst erregte Muskel kann später und der meistens sich zuletzt einreihende Muskel kann zuerst an der Reflexbewegung Theil nehmen.

Da die Stelle der Reihe, an welcher ein Muskel in die Erregung eintritt, sich ändert ohne dass sich gleichzeitig Aehnliches für die übrigen Muskeln ereignete, so kann der beobachtete Wechsel nicht auf eine Umkehrung der Reflexordnung beruhen, indem der Anfang der Bewegung etwa statt mit einer Beugung mit einer Streckung des Gliedes gemacht wurde. —

Unter den verschiedenartigen Abweichungen von dem häufigsten Vorkommen darf diejenige nicht mit Stillschweigen übergangen werden, bei welcher sich gleichzeitig zwei gegnerisch auf ein Gelenk wirkende Muskeln, z. B. Triceps und Semitendinosus zusammenziehen, ein Zusammentreffen, was nach einer gegenwärtig gültigen Annahme die Vergiftung des Rückenmarkes voraussetzt. Da von einer solchen in meinen Versuchen nicht die Rede sein kann, so muss man annehmen, dass auch ein von gesundem Blute gespeistes Rückenmark in Zustände gerathen kann, die denen des vergifteten gleichen.

Die Frage, ob sich beim unversehrten Frosch, wenn eine Bewegung auf die Beine reflectirt wird, die Muskeln in ähnlich unbestimmter Weise ordnen, lässt sich mit Sicherheit nicht beantworten. Wenn man jedoch beachtet, dass eine Reflexbewegung oft mehrmals auch vom gesunden Frosch wiederholt wird, bevor ihm die typische Abwehrbewegung gelingt, und dass häufig genug der Fuss nicht auf dem kürzestem Wege zu dem gereizten Hautort hinfährt, so muss es zum mindesten für wahrscheinlich gelten, dass

auch unter anderen Bedingungen, als sie durch die Anordnung meiner Versuche gegeben sind, mannigfache Aenderungen in der Reihenfolge der Contractionen vorkommen.

Suchen wir uns nun aus den Erfahrungen, die uns von den in die Zusammenziehung eintretenden Muskeln gegeben sind, ein Bild von der Verbreitung zu entwerfen, welche die Erregung innerhalb des Rückenmarkes nach der vorgängigen Reizung eines sensiblen Nerven nimmt. Der Weg, auf welchem sie sich ausdehnt, kann kein unter allen Umständen fest bestimmter, durch den anatomischen Bau des Rückenmarkes streng vorgezeichneter sein, statt dessen wird vielmehr anzunehmen sein, dass die von demselben sensiblen Nerven angefachte Erregung auf verschiedenen Bahnen weiterzuschreiten vermag. In Folge hievon erreicht sie denselben Muskel bald früher bald später als einen anderen, dessen Nerven näher oder entfernter von der Eintrittstelle des gereizten Empfindungsnerven gelegen sind. Und da wir die Ursache für die Abweichungen des Erfolges, welchen die zu verschiedenen Zeiten an derselben Stelle des gleichen Frosches weder in einer Aenderung der Eigenschaften der sensiblen und motorischen Nerven, oder der Muskeln, oder der Individualität des Thieres finden können, so dürfte es kaum gewagt sein zu behaupten, dass die inneren Zustände des Rückenmarkes innerhalb kurzer Zeiträume einen mannigfachen Wechsel erfahren.

Ausbreitungszeit. Reflectorische Latenz der Muskeln. Zwischen dem Beginn der sensiblen Reizung und dem der Zusammenziehung eines ersten der mehrfachen vom Reflexe ergriffenen Muskeln verstreicht eine gewisse mit mancherlei Umständen veränderliche Zeit. Auf diese zuerst sichtbare durch den sensiblen Reiz hervorgebrachte Wirkung ist die im Rückenmark geweckte Erregung selbstverständlich nicht beschränkt, sie schreitet vielmehr unter dem Verbrauch einer merklichen Zeit auf eine Reihe von motorischen Wurzeln hin fort. Nennen wir, wie schon oben geschehen, den gesammten Zeitraum, welcher zwischen der zuerst und der zuletzt erregten motorischen Wurzel verstrich, die Ausbreitungszeit, so können wir ihre Bruchtheile, nach welchen ein Muskel in seine Bewegung eintritt, als die reflectorische Latenz oder Zögerung dieses Muskels bezeichnen.

Auf die Messung der Ausbreitungszeit und der sie zusammensetzenden Zögerungen der einzelnen Muskeln ist meine Absicht gerichtet.

Die Bearbeitung des neuen Gebietes begann ich mit dem Entschluss die Beobachtung sogleich auf eine möglichst grosse Zahl von Muskeln auszudehnen, weil erst wenn ein Ueberblick über das Verhalten vieler ge-

wonnen war an eine zweckmässige Auswahl von wenigen gedacht werden konnte. Dass die Verfolgung dieses Vorhabens einen Verzicht auf den höchsten Grad von Genauigkeit in sich schloss, welcher gegenwärtig den Zeitbestimmungen erreichbar ist, verhehlte ich mir nicht. Denn wenn der Beginn der Zuckung des ersten und letzten von einer grossen Reihe von Muskeln aufgezeichnet werden soll, so durfte die Umdrehungsgeschwindigkeit einer Trommel von 500 mm Umfang nicht über ein gewisses Maass hinaus getrieben werden; ich musste mich auf eine solche beschränken, in welcher der Fortschritt von 1 mm einer Zeit von 0·014 Secunden entsprach. Auch konnte die Spannung, in welche die ruhenden Muskeln versetzt werden, ihres ungleichen Querschnittes wegen nicht für alle gleich gross sein, weshalb möglicherweise für einige der Muskeln die Contraction schon begonnen hatte, ehe sich der zugehörige Schreibstift aus der Ruhelage erhob; um so mehr als der Widerstand nicht zu vernachlässigen ist, welchen die Eisenstäbchen in ihren Führungen erfahren. Er kann es veranlassen, dass die schwächeren Muskeln erst nach dem Erreichen eines höheren Spannungsgrades das angehängte Gewicht heben.

Da ich den Grad von Genauigkeit, welcher meinen Zeitbestimmungen zukommt, nicht sicher zu umgrenzen vermag, so erheischt es die Vorsicht ihren Werth weiter als nothwendig zu unterschätzen. Deshalb werde ich bei der Ableitung von Schlüssen nur einen Abstand der aufeinander folgenden Zuckungsmarken von 7 mm endgiltig mitreden lassen. Er entspricht einem Zeitraum von 0·1 Secunde, der gross genug ist, um auch ohne künstliche Hülfsmittel aufgefasst zu werden.

Die Erscheinungen, welche nach Anwendung der Druckreize beobachtet wurden, trenne ich in der Beschreibung von den Folgen der Wärmereizung, weil ein Druck auf die Haut sich zeitlich genau abgrenzen lässt, während für die Wärme ein Gleiches nicht behauptet werden kann.

Die Dauer der gesammten Ausbreitungszeit und der Latenzen jedes einzelnen Muskels ist zwar vielfachem Wechsel unterworfen, indess treten doch gewisse Regelmässigkeiten hervor. Zu ihnen gehört u. A. die maximale Dauer, welche der Ausbreitungszeit zukommt. Ihre Abhängigkeit von der Art und bei der Gleichheit derselben von der Stärke des Reizes gestaltet sich dahin, dass das Maximum bei schwachem Druckreiz die geringeren, bei der Reizung durch die Wärme die grössten Werthe annimmt. Wie sich die maximalen Ausbreitungszeiten mit den Reizen ändern, darüber giebt die folgende Zusammenstellung Aufschluss. Ihr Inhalt wird ohne weitere Erklärung verständlich sein. — Um aber von vornherein den Verdacht zu verscheuchen, als ob die Art des Reizes jedesmal die Dauer der Ausbreitungszeit in gleicher Weise beeinflusse, wurde der zweite dem ersten Theile der Zusammenstellung zugefügt, aus welchem entnommen werden

kann, dass auch auf die Reize ein kurzer Werth jener Zeit folgen kann, welche andere Male den höchsten nach sich zog.

Die Zahl der Versuche.	Die Methode der Reizung.	Die längste Ausbreitungszeit zwischen der Zusammenziehung des ersten und letzten Muskels.	Die Zahl der Experimente mit einer Ausbreitungszeit von				
			mehr als 4 Sec.	4 bis 1 Sec.	1 bis 0·5 Sec.	0·5 bis 0·1 Sec.	weniger als 0·1 Sec.
3	Bestreichen mit dem Pinsel	0·196 Sec.	—	—	—	1	2
5	Reibung m. einem Zängelchen	0·280 „	—	—	—	3	2
9	Ein Kniff mit der Blitzzange	0·199 „	—	—	—	5	4
19	Ein Kniff m. einem Zängelchen	0·444 „	—	—	—	14	5
8	Eintauchung in Essigsäure	1·624 „	—	3	4	1	—
57	Wärme	5·964 „	5	11	11	22	8

Immerhin muss uns der Inhalt der Zusammenstellung veranlassen, die Folgen, welche die verschiedenen Reizungsarten hervorbringen, an der Darstellung auseinander zu halten. Ich stelle in die erste Reihe:

Die Ausbreitungszeit nach Druckreizen. Wenn ein durch Druck bedingter Reflex in weniger als 0·1 Secunde ablief, so erstreckte er sich in der Regel auf eine geringe Zahl von Muskeln, meist nicht über fünf und nur zuweilen auf sieben oder acht; letzteres trat namentlich nach starken Druckreizen ein. Niemals sah ich, dass die sämmtlichen zum Schreiben vorgerichteten Muskeln in die Zusammenziehung eintraten, wenn die Ausbreitungszeit weniger als 0·1 Secunde betragen hatte. Eine Zusammenstellung aller von mir beobachteten Fälle ist in nachstehender Tabelle S. 438 gegeben.

Wollte man den eben ausgesprochenen Satz umkehren, behaupten, dass die Uebergangszeit nie mehr als 0·1 Sec. andauere, wenn weniger als 7 Muskeln vom Reflex ergriffen gewesen, so würde man sich dagegen in einem Irrthum befinden. Oefter schritt die Erregung so langsam fort, dass in dem Verlauf von 0·2 Sec. nur zwei und in einem solchen von 0·3 Sec. nur vier Muskeln in die Zusammenziehung eintraten. — Andererseits ereignete es sich auch, wenn auch selten, dass in einer nur wenig über 0.1 Sec. andauernden Ausbreitungszeit mehr als 8 Muskeln ihre Verkürzung begannen. So am 2. Mai in der III. und IV. Druckreizung, wo in 0·113 Sec. fünfzehn und in 0·123 Sec. zwölf Muskeln sich zu contrahiren anfingen, und ähnlich am 6. Mai, wo auf den ersten Druckreiz in 0·115 Sec. schon fünfzehn Muskeln erregt waren.

Daraus folgt, dass, wenn die Ausbreitungszeit über 0·1 Sec. hinaus-

Druckreiz am Unterschenkel. — Ausbreitungsdauer 0·1 Sec. nicht übersteigend.

Datum	Zahl	Reiz	Zuckende Muskeln							
6. Mai	III	Stark	0 Biceps	0·042 Semimembranos.	0·056 Semitendinosus	0·077 Obturatorius	0·085 Ileopsoas	—	—	—
„	V	Stark	0 Triceps	0·011 Semimembranos.	0·014 Biceps	0·014 Glutaeus	0·043 Ileopsoas	0·056 Quadratus	0·063 Pyriformis	—
13. Mai	XI	Schwach	0 Biceps	0·021 Rectus longus	0·025 Semitendinosus	0·025 Triceps	0·035 Semimembranos.	—	—	—
4. Juli	I	Schwach	0 Peroneus	0·010 Tibialis anticus	0·011 Semimembranos.	—	—	—	—	—
„	II	Schwach	0 Biceps	0·014 Semimembranos.	0·028 Tibialis anticus	—	—	—	—	
„	III	Schwach	0 Biceps	0 Tibialis anticus	0·014 Triceps	0·017 Semimembranos.	0·021 Peroneus	—	—	
8. Juli	III	Schwach	0 Tibialis anticus	0·014 Peroneus	0·056 Biceps	—	—	—	—	—
10. Juli	IV a	Schwach	0 Tibialis anticus	—	—	—	—	—	—	—
„	IV b	Schwach	0 Semitendinosus	0·021 Tibialis anticus	—	—	—	—	—	—
„	IV c	Schwach	0 Semitendinosus	0·091 Tibialis anticus	—	—	—	—	—	—
18. Juli	II	Schwach	0 Triceps	0 Tibialis anticus	0·049 Biceps	—	—	—	—	—
	IV	Schwach	0 Semitendinosus	—	—	—	—	—	—	—
„	V	Schwach	0 Semitendinosus	0·001 Biceps	0·001 Semimembranos.	0·003 Glutaeus	0·004 Rectus longus	—	—	—
23. Juli	I	Stark	0 Biceps	0·021 Tibialis anticus	0·027 Semitendinosus	0·035 Semimembranos.	0·038 Rectus longus	0·044 Triceps	0·057 Peroneus	0·060 Rectus mag.
31. Juli	I	Stark	0 Semitendinosus	0·032 Biceps	—	—	—	—	—	—
„	V a	Stark	0 Semitendinosus	—	—	—	—	—	—	—
„	V b	Stark	0 Semitendinosus	—	—	—	—	—	—	—

geht, sich von vornherein nicht mehr angeben lässt, wie viele der Muskeln am Reflex betheiligt seien.

Wie verhalten sich nun der veränderlichen Dauer der Ausbreitungszeit gegenüber die Latenzen der einzelnen Muskeln? Man könnte zwischen beiden eine Proportionalität erwarten, so dass mit der Zu- und Abnahme des gesammten Ablaufs der Erregung die Zögerung jedes einzelnen Muskels Hand in Hand ginge. Mit einer derartigen Annahme befinden sich jedoch die Beobachtungen im vollen Widerspruch, denn die Latenz jedes einzelnen Muskels ist durchaus unabhängig von der aller übrigen. In zwei oder mehreren in kurzen Zwischenzeiten und scheinbar unter denselben Umständen aufeinander folgenden Versuchen kann der Unterschied der Latenz zweier Muskeln die sich nacheinander zusammenziehen sehr verschieden ausfallen, indem derselbe Muskel in dem einen Versuch eine kurze und in einem anderen eine längere Latenz besitzt, obwohl in diesem zweiten Reflex die gesammte Dauer der Ausbreitung um ein Merkliches hinter der des ersten zurücksteht. Von der Mannigfaltigkeit der Erscheinungen geben die folgenden Zahlen Nachricht. (Siehe die Tabelle auf der folgenden Seite). In der ersten Spalte der nachstehenden Tabelle findet sich das Datum des Versuchs, womit zugleich gesagt ist, dass die Beobachtung an demselben Frosch geschah; die römischen Ziffern der zweiten Spalte bezeichnen die Reihenfolge der Reizungen. In der dritten Spalte sind die Zeiten nach Zehnteln einer Secunde eingetragen, die in gleicher Linie mit der vorn stehenden Zeitangabe eingeschriebenen Muskeln begannen ihre Contraction zu jener Zeit. Dadurch, dass nur die Zehntel einer Secunde in Betracht gezogen werden, beseitigt sich der Einwurf der gegen die Genauigkeit der Zeitbestimmungen zu erheben wäre.

Ausbreitungszeit nach Wärmereizen. Obwohl das Metallscheibchen, welches die Froschhaut berührt, rasch zu erwärmen und abzukühlen ist, so gilt doch ein Gleiches nicht für das Gewebe in der Umgebung der Nerven. Der geringen Leitungsfähigkeit wegen wird sich der Anfang und das Ende der Reizung nicht bloss gegen die Ein- und Austrittszeit der höheren Temperatur in dem Kupferblech verschieben, es wird auch höchst wahrscheinlich die absolute Dauer der Reizung sich nicht mit der decken, während welcher das Plättchen auf dem höheren Wärmegrad verharrte. Bei der Unsicherheit darüber, wie lange sich nach einer rasch vorübergehenden Erwärmung der Oberfläche die höhere Temperatur im Inneren der Haut erhält, schien es mir angezeigt, die Versuche mit einer andauernden Zuführung des warmen Wasserstromes zu beginnen; hierfür sprach noch ein anderer Grund. Reflexe wurden erst dann ausgelöst, wenn das Kupferblättchen auf und über 47° C. gebracht war, also auf Temperaturen

Datum.	Ord.-N. d. Rzg.					
2. Mai.	II	0·0—0·1 Sec.	Semitendinosus	—	—	—
		0·1—0·2 „	Rectus Magnus	Sartorius	Biceps	Adductor minor Quadratus
		0·2—0·3 „	Glutaeus	Adductor magnus	Pectineus	—
		0·3—0·4 „	Ileopsoas	Semimembranos.	Pyriformis	—
	III	0·0—0·1 „	Semitendinosus	Rectus magnus	Adductor minor Quadratus	Pectineus
		0·1—0·13 „	Rectus longus	Pyriformis	—	—
	IV	0·0—0·1 „	Rectus magnus	Semimembranos.	Sartorius	Adductor minor Quadratus
		0·1—0·15 „	Pyriformis	Adductor minor	—	—
	V	0·0—0·1 „	Semitendinosus	Biceps	Sartorius	Triceps.
		0·1—0·2 „	Pectineus	Obturatorius	Ileopsoas	Pyriformis
6. Mai	I	0·0—0·1 Sec.	Semitendinosus	Semimembranos.	Biceps	Rectus longus
		0·1—0·12 „	Adductor magnus	Adductor minor	Pectineus	Glutaeus
	II	0·0—0·1 „	Semitendinosus	Biceps	Semimembranos.	Ileopsoas
		0·1—0·16 „	Quadratus	Sartorius	Pectineus	Glutaeus
	IV	0·0—0·1 „	Semitendinosus	Biceps	Semimembranos.	—
		0·1—0·2 „	Rectus magnus	Rectus longus	Sartorius	—
		0·2—0·3 „	Pyriformis	Obturatorius.	Ileopsoas	—
		0·3—0·44 „	Pectineus	Adductor minor	Glutaeus	Quadratus
19. Mai	III b	0·0—0·1 Sec.	Biceps	Semitendinosus	—	—
		0·1—0·2 „	Ileopsoas	Sartorius	—	—
		0·2—0·3 „	Semimembranos.	Pyriformis	Quadratus	Adductor magnus
		0·3—0·32 „	Glutaeus	Rectus magnus	—	—
13. Mai	I	0·0—0·1 Sec.	Semitendinosus	Rectus longus	Biceps	—
		0·1—0·2 „	Rectus magnus	Sartorius	Triceps	—
		0·2—0·26 „	Semimembranos.	Ileopsoas	Adductor magn.	Pyriformis
2. Juli		0·0—0·1 Sec.	Biceps	Semimembranos.	Tibialis anticus	Rectus longus
		0·1—0·2 „	Rectus magnus	Peroneus	—	—
		0·2—0·35 „	Semitendinosus	Gastrocnemius	—	—
18. Juli	III	0·0—0·1 Sec.	Semitendinosus	Biceps	Sartorius	Rectus magnus
		0·1—0·22 „	Biceps	Tibialis anticus	—	—
	VIII	0·0—0·1 „	Semitendinosus	Sartorius	Biceps	Rectus magnus
		0·1—0·2 „	Peroneus	—	—	—
10. Juli	I b	0·0—0·1 Sec.	Semitendinosus.	—	—	—
		0·1—0·2 „	Tibialis anticus	—	—	—
	III	0·0—0·1 „	Biceps	Semitendinosus	Tibialis anticus	—
		0·2—0·3 „	Peroneus	Semimembranos.	Sartorius	Triceps
	IV	0·0—0·1 „	Biceps	Semitendinosus	—	—
		0·1—0·2 „	—	—	—	—
		0·2—0·3 „	Tibialis anticus	—	—	—
		0·3—0·32 „	Peroneus.	—	—	—

—	—	—	—	—	—	—	—
Rectus longus	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—
Sartorius	Adductor mag.	Semimembran.	Biceps	Triceps	Glutaeus	Obturator.	Ileopsoas Adduct.min. Quadratus
—	—	—	—	—	—	—	
Adductor magnus	Pectineus	Biceps	Glutaeus	Semimembranosus	Ileopsoas	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—
Semimembranos.	Adductor mag.	Rectus magnus	Glutaeus	—	—	—	—
Rectus longus	—	—	—	—	—	—	—
Obturatorius	Rectus magn.	Pyriformis	Triceps	Ileopsoas	Sartorius	Quadratus	—
—	—	—	—	—	—	—	—
Rectus magnus	Rectus longus	Pyriformis	Obturator.	—	—	—	—
Triceps	Adductor min.	Adductor mag.	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—
Adductor magnus	Triceps	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—
Obturatorius	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—
Adductor minor	Pectineus	Glutaeus	Quadratus	—	—	—	—
Triceps	Sartorius	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—
Rectus longus	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—
Rectus longus	Semimembr.	Triceps	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—
Rectus magnus	Rectus longus	Extensor brev.	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—

unter welchen die reizbaren Gewebe absterben. Geschah das letztere, so musste es ohnehin gleichgültig sein, wie lange der Haut die höheren Wärmegrade zugeführt waren. Jedenfalls war zu erfahren, ob die Hautnerven durch den Act ihres Absterbens den Reflex ausgelöst hatten.

Dauernder Wärmereiz. Der Versuch wurde also derart eingerichtet, dass das unverrückbar mit Haut verbundene Kupferplättchen so lange von dem auf die Reflextemperatur gebrachten Wasser umspült blieb, als das Rückenmark den Reiz beantwortete. Als die regelmässige Folge des Verfahrens stellte sich einige Secunden später als das Kupferplättchen auf den nöthigen Grad temperirt war, eine Reflexbewegung ein, welche aber alsbald nachliess. Hatte die auf die der ersten Bewegung folgende Ruhe einige Secunden gedauert, so kehrte ein neuer Reflexanfall wieder, und nach ihm abermals eine Zeit der Ruhe, und sofort sich wiederholend bis endlich überhaupt kein Reflex mehr hervorbrach. Die Wirkungen des dauernden Wärmereizes glichen sonach denjenigen, welchen ein galvanischer Strom auf die sog. Spitze des Froschherzens übt, oder noch mehr denen eines schwachen Säurereizes auf die Froschhaut. Und der Versuch bewies, dass eine zwischen 48° und 60° C. sich bewegende Temperatur 15 Secunden hindurch und länger auf die Haut einwirken kann, ohne dass die Enden der sensiblen Nerven absterben. Dass auch dann, wenn trotz der dauernden Anwesenheit des Wärmereizes der Reflexanfall ausbleibt, die sensiblen Nerven unversehrt sind, zeigt der Umstand, dass 10 bis 15 Minuten später von demselben Ort aus der Reiz mit Erfolg wiederholt werden kann. — Für den zeitlichen Verlauf und die örtliche Ausbreitung der Reflexanfälle darf es als Regel gelten, dass die Ausbreitungszeit des ersten nicht länger dauert als die der späteren, dass dagegen an dem zweiten, dritten u. s. w. mehr Muskeln als am ersten betheiligt sind. Die Reihenfolge, in welcher die Muskeln während der verschiedenen Anfälle desselben Präparates auftreten, ist eine durchaus wechselvolle, und Gleiches gilt von der Latenz jedes einzelnen Muskels. In zwei aufeinanderfolgenden erscheint der Muskel *a* einmal früher das andere Mal später als *b* und die Latenz eines jeden der beiden kann einmal gering und das andere Mal gross sein; die Unterschiede in der Zögerung können dabei mehrere Zehntheile einer Secunde betragen.

Beispiele für das geschilderte Verhalten liefern die folgenden Tabellen. — Was unter demselben Datum steht, gehört dem gleichen Frosche an. Jeder wurde zwar mehrmals dem dauernden Wärmereiz ausgesetzt, doch sind die gewonnenen Zeichnungen nicht sämmtlich ausgemessen. Die römischen Ziffern geben an die wievielte Reizung es gewesen, deren Erfolg in die Tabelle aufgenommen wurde. Die arabischen Ziffern zählen die

Datum	Zahl	Nummer der Anfälle	Ort gereizt	Reiz	Zeit nach Beginn der Reizung	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
					Sec.	0	0·028							
22. Juli	II	1	Innere Seite des Fuss-gelenks	Dauernde 48° C.	7·86	Semitendin.	Biceps	—	—	—	—	—	—	—
						0	0·098	0·224	0·241	0·245				
		2			15·21	Semitendin.	Biceps	Rect. magn.	Rect.longus	Sartorius	—	—	—	—
			Innere Seite des Fuss-gelenks	Dauernde 58° C.		0	0	0·154						
	VI	1			6·24	Semitendin.	Biceps	Rect. magn.	—	—	—	—	—	—
						0	0	0·175	0·196	0·204	0·244	0·266	0·266	
		2			8·23	Semitendin.	Biceps	Tib. antic.	Peroneus	Semimembr.	Rect. magn.	Sartorius	Rect.longus	—
						0	0·158	0·207	0·218	0·262	0·368	0·424	0·536	
		3			10·86	Biceps	Semitendin.	Semimembr.	Rect. magn.	Sartorius	Rect.longus	Tib. antic.	Peroneus	—
						0	0·105	0·114	0·217	0·245	0·301	0·462	0·483	
		4			13·80	Biceps	Semitendin.	Rect. magn.	Semimembr.	Sartorius	Rect.longus	Tib. antic.	Peroneus	—
						0	0·028	0·042						
23. Juli	III	1	Rücken des Fuss-gelenks	Dauernde 48° C.	5	Tib. antic.	Biceps	Semitendin.	—	—	—	—		—
						0	0·001	0·024	0·035	0·069	0·069	0·084		
		2			6·72	Tib. antic.	Triceps	Peroneus	Biceps	Semimembr.	Semitendin.	Rect.longus	—	—
						0	0·010	0·025	0·056	0·084	0·089	0·109		
		3			7·80	Triceps	Tib. antic.	Peroneus	Biceps	Semimembr.	Rect.longus	Semitendin.	—	—
						0	0·005	0·029	0·030	0·042	0·063	0·084		
		4			10·01	Tib. antic.	Triceps	Peroneus	Biceps	Rect.longus	Semimembr.	Semitendin.	—	—
			Rücken des Fuss-gelenks	Dauernde 60° C.		0	0·004	0·021	0·039					
	V	1			2·70	Tib. antic.	Triceps	Biceps	Semitendin.	—	—	—	—	—
						0	0·004	0·007	0·047	0·058	0·060	0·077		
		2			3·36	Triceps	Peroneus	Tib. antic.	Biceps	Rect.longus	Semimembr.	Semitendin.	—	—

Datum	Ordn.-Nr. der Reizung	Nummer der Anfälle	Ort gereizt	Reiz	Zeit nach 1. Muskelverkürzung	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
4. Juli	V	1	Innere Seite d. Fussgelenks	Dauernde 48° C.	0	0 Biceps	0·112 Tib. antic.	0·322 Semimembr.	— 0·742	— 1·842	— 3·206	— 3·262	— 3·371	— 3·584
		2				Biceps	Tib. antic.	Semimembr.	Rectus l.	Peroneus	Sartorius	Triceps	Rectus m.	Semiten.
		3				Biceps	Tib. antic.	Semimembr.	Rectus l.	Peroneus	—	—	—	—
		4				Biceps	Tib. antic.	Semimembr.	Rectus l.	Peroneus	—	—	—	—
	VIII	1	Untere Seite des Fusses	Dauernde 48° C.	0	0 Biceps	0·224 Tib. antic.	0·392 Semimembr	— 1·764	—	—	—	—	—
		2				Biceps	Tib. antic.	Semimembr.	Peroneus	—	—	—	—	—
	XIII	1	Rücken des Oberschenkels	Dauernde 60° C.	0	0 Biceps	0 Triceps	0·049 Tib. antic.	— 3·362	— 3·304	— 3·458	— 3·500	— 3·668	—
		2				Biceps	Triceps	Tib. antic.	Peroneus	Semim.	Rectus l.	Sartorius	Rectus m.	—
10. Juli	V	1	Rücken des Fussgelenks	Dauernde 48° C.	0	0 Semitendin.	0·28 Tib. antic.	—	—	—	—	—	—	—
		2				0 Tib. antic.	0·014 Peroneus	0·028 Semimembr.	—	—	—	—	—	—
	VII	1	Rücken des Fussgelenks	Dauernde 66° C.	0	0 Tib. antic.	0·028 Semitendin.	—	—	—	—	—	—	—
		2				0 Tib. antic.	0 Peroneus	0·042 Semitendin.	0·042 Biceps	—	—	—	—	—
18. Juli	X	1	Aeussere Seite des Unterschenkels	Dauernde 48° C.	0	0 Semitendin.	1·120 Tib. antic.	—	—	—	—	—	—	—
		2			8·43	0 Semitendin.	0.014 Biceps	0·021 Semimembr.	0·098 Tib. ant.	0·108 Peroneus	0·168 Sartorius	0·172 Rectus m.	—	—

während derselben Reizung aufgetretenen Anfälle. Wurde zwei oder mehrere Male hintereinander dieselbe Hautstelle erwärmt, was in der Tabelle bemerkt ist, so war zwischen den aufeinanderfolgenden Reizungen eine Pause von 10 bis 15 Minuten eingeschoben gewesen. Alles andere wie in den früheren Tabellen.

Vorübergehender Wärmereiz. Nach der Feststellung der Wirkungsweise eines länger dauernden war zu versuchen, was ein vorübergehender Wärmereiz leiste, wobei unter dem letztern ein solcher verstanden ist, dessen Anwendung in dem Augenblick unterbrochen wird, in welchem die Verkürzung des ersten reflectorisch erregten Muskels zur Beobachtung kommt. Zu der letzteren Definition des vorübergehenden Wärmereizes muss bemerkt werden, dass die Vertauschung des warmen mit dem kalten Wasserstrom nicht gleichzeitig mit der Zuckung des ersten Muskels geschah, weil hierzu die Drehung mehrerer Hähne mit der Hand erfolgen musste. Trotzdem gelang es, den Reflex auf einen Anfall zu beschränken, was insofern beachtenswerth ist, als daraus hervorgeht, dass der zweite Anfall, welcher bei dauernder Anwendung des Wärmereizes auftritt, nur dann zu Stande kommt, wenn nach dem Ende des ersten die Erwärmung der Haut noch über einige Secunden fortgesetzt wird.

Wird die erwärmte Haut mit oder kurz nach dem Beginn der Verkürzung des ersten Muskels abgekühlt, so wird ein Reflexanfall zu erwarten sein, welcher dem ersten bei dauernder Reizung entspricht. Sehr häufig trifft dieses zu, nur wenige Muskeln nehmen an der Bewegung Theil. Da die Hautnerven durch die zugeführte Wärme nicht gelähmt werden, so lässt sich an demselben Ort die Reizung öfter wiederholen, und geschieht dieses, so ereignet es sich öfter, als unter der Anwendung des Druckes, dass die aufeinanderfolgenden Reflexe nahezu übereinstimmen; dieselben Muskeln gerathen in stets gleicher Reihenfolge unter Innehaltung ähnlicher Latenzen in Bewegung. Ein schönes Beispiel liefert die folgende Reihe, welche bei neunmaliger Wiederholung des an demselben Ort angebrachten Wärmereizes entstanden ist.

Datum	Zahl	Reiz	Semitendinosus	Biceps	Semimembranosus	Triceps	Rectus magnus	Sartorius	Tibialis anticus
24. Juni	II	50° C.	0	0	0·15	0·15	0·25	0·29	0·95
„	III	50° C.	0	0·10	0·14	0·14	0·21	0·21	0·87
„	IV	50° C.	0	0·07	0·14	0·17	0·18	0·20	0·91
„	V	55° C.	0	0·06	0·11	0·13	0·14	0·18	0·56
„	VI	55° C.	0	0·06	0·10	0·15	0·21	0·22	0·94
„	VII	61° C.	0	0·07	0·08	0·13	0·17	0·20	0·38
„	VIII	61° C.	0	0·13	0·15	0·18	0·19	0·24	0·88
„	IX	55° C.	0	0·08	0·13	0·14	0·22	0·25	0·80
„	X	60° C.	0	0·07	0·07	0·13	0·14	0·18	0·88

Nach jeder Reizung bewegen sich dieselben sieben Muskeln; sechs von ihnen sind stets nach Verfluss von einer Zeit von 0·2 bis 0·3 Sec. in die Verkürzung getreten, der siebente dagegen beginnt erst mit Ausnahme der VII. Reizung seine Bewegung 0·6 bis 0·9 Sec., später als der M. semitendinosus.

Der stetig und allmählich anschwellende Wärmereiz scheint hiernach vorzugsweise zur Herstellung einer gleichmässig ablaufenden Reflexbewegung geeignet, doch würde man irren, wollte man dem eben vorgeführten Verhalten eine allgemeine Giltigkeit zuschreiben.

Von der vorigen abweichend, doch ihr noch mannigfach verwandt ist die folgende Reihe, in welcher sich fünfmal der Reflex aus denselben 4 Muskeln zusammensetzte. Unter diesen besass stets der Semitendinosus den Vorrang und viermal ordnete sich der Rect. magnus zuletzt ein, während Biceps und Rectus longus wechselnd bald in zweiter und bald in dritter Reihe auftraten.

13. Mai.

Ordn.-Nr. d. Reizung	III.		VI.	
Gereizt durch	54° C.		55° C.	
Namen der Muskeln und Zeitpunkt indem sie nach Beginn des Reflexes zucken.	Semitendinosus .	0·00 Sec.	Semitendinosus .	0·00 Sec.
	Rectus magnus .	0·28 „	Rectus longus . .	0·64 „
	Rectus longus . .	0·34 „	Biceps	0·76 „
	Biceps	4·14 „	Rectus magnus .	1·05 „

VII. 55° C,		VIII. 55° C.		IX. 54° C.	
Semitendinosus	0·00 Sec.	Semitendinosus	0·00 Sec.	Semitendinosus	0·00 Sec.
Biceps . .	0·23 „	Rectus longus	0·22 „	Biceps . .	0·49 „
Rectus longus	0·32 „	Biceps . .	0·30 „	Rectus longus	0·53 „
Rectus magn.	0·35 „	Rectus magn.	0·32 „	Rectus magn.	0·84 „

Obwohl sehr häufig der vorübergehende Wärmereiz in der von mir angewendeten Form nur wenige Muskeln reflectorisch erregt, so giebt es doch von dieser Regel mannigfache Ausnahmen, für deren Entstehung sich weder aus der Eigenthümlichkeit des Praeparates, noch aus dem gereizten Ort ein Grund angeben lässt. — Ein in mehrfacher Beziehung bemerkenswerthes Beispiel bieten zwei Reizungen, welche zwischen III und VI der so eben beschriebenen Reihe als IV und V eingeschoben waren. Auch in ihnen begann wie die folgende Tabelle zeigt, der Reflex mit den 4 Muskeln wie bei den anderen Reizungen, aber an sie schlossen sich noch 7 und 8 weitere an mit wechselnd kleinen und grossen Unterschieden ihrer Latenz.

13. Mai.

Ordnung der Reizung	IV.		V.	
Gereizt durch	56° C.		59° C.	
	Semitendinosus . .	0	Semitendinosus . .	0
	Rectus magnus . .	1·47	Rectus magnus . .	0·70
	Rectus longus . .	1·50	Rectus longus . .	0·83
	Biceps	2·77	Biceps	2·57
	Glutaeus	3·65	Glutaeus	2·87
	Quadratus . . .	3·68	Ileopsoas	2·88
	Ileopsoas	4·77	Quadratus . . .	2·94
	Adductor magnus u. longus	4·79	Adductor magnus u. longus	2·94
	Sartorius	4·84	Sartorius	2·97
	Triceps	4·87	Pyriformis . . .	2·98
	Pyriformis . . .	4·96	Triceps	3·62
	Semimembranosus .	5·29		

Die wachsende Zahl der reflectirenden Muskeln nach den Reizungen IV und V könnte man durch den stärkeren Reiz, welcher in diesen Nummern der Reihe zur Anwendung kam, erklären, denn die Temperatur des Kupferplättchens war hier um 1° bis 5° C. höher als andere Male. Im Hinblick auf andere Beobachtungen, z. B. auf die auf S. 445 erwähnte, erscheint eine solche Annahme allerdings nicht gerade begründet, doch sie lässt sich auch nicht widerlegen. Dagegen sind die beiden Beobachtungen noch dadurch ausgezeichnet, dass sie ein Verhalten mit grosser Deutlichkeit aufdecken, was andere Male zwar auch, aber doch weniger ausgesprochen auftrat. Bilden wir die Unterschiede der Zögerungszeit zweier nacheinander in die Contraction eintretenden Muskeln, so ergiebt sich, dass dieselben mehrmals

IV			V		
Semitendinosus . .	0·00	Secunden.	Semitendinosus . .	0·00	Secunden.
Rectus magnus .	1·47	„	Rectus magnus .	0·70	„
Rectus longus . .	0·03	„	Rectus longus . .	0·13	„
Biceps	1·27	„	Biceps	1·74	„
Glutaeus	0·88	„	Glutaeus	0·30	„
Quadratus . . .	0.03	„	Ileopsoas	0·01	„
Ileopsoas	1·09	„	Quadratus . . .	0·06	„
Adductor magnus .	0·02	„	Adductor magnus .	0·00	„
Sartorius	0·07	„	Sartorius	0·03	„
Triceps	0.03	„	Pyriformis . . .	0·01	„
Pyriformis . . .	0·09	„	Triceps	0·64	„
Semimembranosus .	0·33	„			

sprungweise wachsen und dann für eine darauf folgende Anzahl nur geringe Grössenunterschiede zeigen. — Die Orte, an welchen die Latenz des folgenden die des vorhergehenden Muskels um Secunden oder grosse Bruchtheile einer solchen übertrifft, treten in der vorstehenden Zahlenreihe deutlicher hervor, als dass es nothwendig wäre, noch besonders auf sie hinzuweisen, und ebenso wird man sogleich bemerken, dass die durch eine grosse Latenz unterschiedenen Muskeln in IV und V keineswegs dieselben sind; nur ausnahmsweise stimmen sie überein.

Um es nicht an weiteren Zeugnissen für das wechselvolle Verhalten der Latenz gleichnamiger Muskeln in verschiedenen Reflexen, die unter möglichst gleichem äusseren Verhältniss hervortreten, fehlen zu lassen, führe ich noch die folgende Reihe vor.

19. Mai.

V 50° C.		VII 50° C.		VIII 50° C.	
Biceps . . .	0	Semitendinosus .	0	Semitendinosus .	0
Ileopsoas . . .	0·08	Ileopsoas . . .	0·07	Ileopsoas . . .	4·14
Sartorius . . .	0·17	Biceps . . .	0·11	Pyriformis . . .	4·31
Semitendinosus .	0·17	Pyriformis . .	0·14	Sartorius . . .	4·31
Semimembranos.	0·21	Sartorius . . .	0·17	Biceps	4·34
Pyriformis . .	1·96	Adductor m. l.	0·17	Adductor m. l. .	4·38
Quadratus . .	1·99	Quadratus . .	0·17	Quadratus . . .	4·38
Obturatorius .	1·99	Semimembranos.	0·18	Obturatorius . .	4·38
Adductor m. l.	2·03	Obturatorius .	0·18	Rectus magnus .	4·40
Glutaeus . . .	2·07	Rectus longus .	0·21	Glutaeus . . .	4·41
Adductor minus	2·20	Pectineus . .	0·22	Triceps	4·43
Rectus magnus	2·20	Glutaeus . . .	0·23	Pectineus . . .	4·53
Triceps . . .	2·32	Rectus magnus	0·25	Adductor minus .	4.54
Pectineus . .	2·49	Adductor minus	0·27	Rectus longus .	4·75
Rectus longus .	3·42	Triceps . . .	0·35		

An diesem Praeparat wirkte dreimal nacheinander ein Temperaturreiz von 50°, welcher in Intervallen von 12 bis 15 Minuten auf dieselbe Hautstelle — äussere Seite des Fusses — angewendet wurde, einen ausgedehnten Reflex. In VII betrug die gesammte Ausbreitungszeit nur 0.35 Secunden, in V und VIII dagegen stieg sie auf 3·42 und 4·75. — In VII folgten sich also die Zusammenziehungen vom ersten Muskel an stetig mit geringen, nur Hunderttheile einer Secunde betragenden Unterschieden der Zögerung. In V und VIII traten dagegen sprungweise Aenderungen hervor, die jedoch in beiden an verschiedenen Orten der Muskelreihe vorkamen.

Reflexe während der Vergiftung mit Strychnin. Der sichtbare Unterschied zwischen den Reflexen aus dem unvergifteten und aus dem mit Strychnin vergifteten Rückenmark musste mir den Wunsch nahe legen, mit meiner Methode vergleichende Versuche anzustellen. Durch die Erfahrungen von Walton auf die Gefahren aufmerksam gemacht, welchen der vergiftete Frosch durch schmerzhafte Eingriffe ausgesetzt ist, und um der methodischen Forderung zu genügen, nach welcher der Einfluss der Individualität ausgeschlossen werden muss, bereitete ich den unvergifteten Frosch zu dem Versuche vor, stellte an ihm eine Reihe von Beobachtungen an und dann erst führte ich ihm eine kleine Dosis von Gift zu, genügend um die mit blossem Auge sichtbaren Wirkungen des Giftes hervorzubringen.

Das Ergebniss, welches mir 63 Reizungen an fünf verschiedenen Fröschen lieferten, lässt sich kurz dahin fassen, dass die Abweichung zwischen den Erscheinungen der Reflexe des vergifteten und unvergifteten Rückenmarks nur eine graduelle ist. Am hervorragendsten gilt dieses für die Verhältnisswerthe in der Dauer der Latenz. Während am unvergifteten Thier zwischen der Dauer der Latenz verschiedener Muskeln stets ein merklicher, öfter ein bedeutender Unterschied bestand, zeigten sich nach der Einführung des Strychnins nur geringe Abweichungen derselben; alle Muskeln begannen nahezu gleichzeitig ihre Verkürzung; der Zeitraum, in welchem die Reizung ablief, betrug nie mehr als Hundertel einer Secunde. Vollkommen gleichzeitig begannen jedoch nicht alle Muskeln ihre Zusammenziehung, so dass meine zeitmessenden Mittel eben noch hinreichten, um eine Einsicht in die Reihenfolge zu gewinnen, nach welcher die Contractionen aufeinander folgten. In der nachstehenden Tabelle, zu deren Erklärung die Ueberschriften und Eingänge der Spalten ausreichen werden, ist eine summarische Uebersicht der Resultate enthalten. Dass unter diesen Umständen an die Stelle der geordneten Bewegung ein Krampf treten muss, leuchtet ein.

63 Reizungen an fünf mit Strychnin vergifteten Fröschen.

Erste Serie. (Siehe zum Vergleich Tabelle II, S. 432.)

Namen der Muskeln	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	Total
Semitendinosus	18	13	7	7	7	9	—	—	1	—	—	62
Biceps	17	16	12	3	6	2	4	3	—	—	—	63
Semimembranosus	—	5	12	15	16	8	1	3	—	—	—	60
Tibialis anticus	8	8	8	4	5	10	6	1	2	3	—	55
Triceps	11	8	9	9	7	4	4	1	3	3	—	59
Rectus magnus	6	3	7	17	10	6	7	4	2	—	—	62
Sartorius	1	2	4	6	5	10	8	9	4	4	1	54
Rectus longus	1	2	13	6	5	8	8	6	6	2	—	57
Peroneus	4	8	11	8	4	3	9	5	1	1	—	54
Gastrocnemius	14	4	5	3	2	4	7	5	4	4	—	52
Extensor brevis	4	6	9	10	6	5	2	—	2	3	3	50

Ergebnisse und Schlüsse aus den Beobachtungen.

1) Ein dauernder Wärmereiz veranlasst statt einer gleich lange anhaltenden eine vorübergehende, von Zeiten der Ruhe unterbrochene Verkürzung der Muskeln.

In Anbetracht dessen, was die sensiblen und motorischen Nerven zu leisten vermögen, und wegen ihrer Beziehungen zu den psychischen Vorgängen erscheint das periodische Auftreten des Reflexes unter der Einwirkung eines dauernden Reizes eigenthümlich. — Eine anhaltende Ueberwärmung unserer Haut weckt uns einen dauernden Schmerz, und ebenso vermag es der Wille die motorischen Rückenmarksnerven dauernd zu erregen. Da man aus bekannten Gründen nicht annehmen darf, dass die Nerven des Frosches während einer fortdauernden Reizung zu ermüden und sich wieder zu erholen vermöchten, so wird man um den Unterschied zwischen den aus unserem Bewusstsein entnommenen Erfahrungen und den am enthirnten Frosch gewonnenen begreiflich zu finden auf die Anwesenheit verschiedener centraler Einrichtungen schliessen müssen. An irgend einem Orte der Verbindungsbahn zwischen centripetalen und -fugalen Nerven scheint im Reflexapparat eine Vorrichtung zu liegen, welche die in ihm anlangenden Reize bis zu einem bestimmten Betrage aufspeichert, dann aber die angesammelte Erregung mit einem Male auf die motorischen Nervenwurzeln überträgt.

2) Die Reihenfolge, nach welcher bei einem Reflexanfall die einzelnen ihn vollführenden Muskeln ihre Zusammenziehung beginnen, fällt in mehreren nacheinander ausgelösten Bewegungen verschieden aus, trotzdem dass jedesmal dieselbe Hautstelle von dem gleichstarken und gleichbeschaffenem äusseren Reize betroffen wurde.

Im Anschluss an die für alle peripheren und für zahlreiche centrale Nervenmassen streng bewiesene Thatsache, dass sich die Erregung mit Ausschluss jeder Fernewirkung nur durch die sich unmittelbar berührenden Stoffe der Nerven fortpflanzt, wird man auch zur Herbeiführung von Reflexen eine unmittelbare Verbindung zwischen den centripetalen und motorischen Abtheilungen des Rückenmarkes annehmen müssen. Aus dieser Unterstellung, in Verbindung mit den von mir gefundenen Thatsachen, leitet sich die Anwesenheit von selbständigen Bahnen zwischen jeder für die Wirkung des Reflexes befähigten centripetalen Faser zu den motorischen Wurzelfäden eines jeden Muskels ab. Nur unter der Bedingung, dass jeder centripetalen, zur Auslösung einer Bewegung befähigten Faser zu allen vom Reflex ergriffenen motorischen Nerven ein besonderer Weg offen steht, lässt es sich begreifen, dass jeder Muskel mit Umgehung aller übrigen seine Zusammenziehung beginnen kann. Keiner ist gezwungen auf die Zusammen-

ziehung eines bestimmten Vorgängers zu warten, bevor er sich in die Reihe einordnet.

3) Ob die Erregung mehr oder weniger Muskeln ergreift und in welcher Zeit sie sich über alle motorischen Wurzeln ausbreitet, ist bei einem gegebenen Zustande aller Reflexgebilde unzweifelhaft von der Art und der Stärke des Reizes abhängig. Jedoch welcher Bruchtheil der Ausgleichungszeit vergeht, bevor sich ein gegebener Muskel zur Verkürzung anschickt, darüber verfügen noch andere Bedingungen als die durch den Reiz gesetzten. Denn dass in mehrfachen einander folgenden Reflexen, gleichgültig wo und wie sie von der Haut aus erzeugt wurden, das Verhältniss der Latenzen zweier oder mehrerer Muskeln sehr abweichend ausfällt, dass einer oder einige derselben bald früher und bald später als die anderen ihre Bewegung beginnen, fordert eine mit der Zeit veränderliche Eigenschaft, sei es der motorischen Wurzeln, oder der Verbindungswege zwischen ihnen und den Einpflanzungsorten der sensiblen Nerven in das Rückenmark.

4) Um die nach einer gewissen Zeitfolge geordnete Zusammenziehung der am Reflex betheiligten Muskeln zu erklären, hat man bisher angenommen, dass sich die vom sensiblen Nerven veranlasste Erregung innerhalb der verschiedenen centralen Bahnen mit ungleicher Geschwindigkeit fortpflanze. Die Annahme reicht nicht aus und sie führt bei ihrer Durchführung auf Schwierigkeiten. Ersteres deshalb nicht, weil die lebendige Kraft der vom sensiblen Nerven in das Rückenmark eingebrachten Erregung nicht genügt um die durch die motorischen Wurzeln ausgegebene zu decken. Mit der Leitung muss darum noch eine Auslösung von Kräften verbunden sein. — Bedenken gegen die Leitungshypothese entstehen aber auch noch nach diesem Zusatz aus dem zeitlichen Ablauf des Reflexes. Vorerst aus der oft grossen nach Secunden zählenden Zeit, welche die im Rückenmark sich fortpflanzende Erregung bedarf, um kaum millimeterlange Wegstrecken zu durchsetzen. Diese geringe Geschwindigkeit könnte mit der viel grösseren, an den Nervenstämmen beobachteten nur durch die weitere Unterstellung in Uebereinstimmung gebracht werden, dass den centralen Leitungsbahnen andere Eigenschaften als den peripheren zugesprochen würden. Und da sich die reflectorische Ausbreitungszeit mit der Stärke des Reizes ja auch unabhängig von ihm ändert, so muss die centrale Bahn, soll sie auch den letzteren Ansprüchen genügen, nicht allein eigenartig, sie muss auch veränderlich gebaut sein.

Weit einfacher, als durch die Leitungshypothese, erklären sich die von mir gefundenen Thatsachen durch die Annahme, dass die Angriffspunkte der sensiblen auf die motorischen Wurzeln mit verschieden grosser Reizbarkeit begabt sind. Wenn statt des Ausdrucks Wurzel, der des reflectorischen

Angriffspunktes gewählt wurde, so geschah dieses, weil die Wirkungen des dauernden Wärme- im Gegensatz zum Willensreize uns schon auf eine besondere Verbindungsweise der centripetalen mit den centrifugalen Reflexnerven hinwiesen, und nächstdem deshalb, weil sich unserem Bewusstsein gemäss alle Muskeln den Anstössen des Willens gleich leicht fügen. — Dass durch Reize, welchen im strengen Wortsinn der momentane Charakter abgesprochen werden muss, eine geordnete Bewegung entstehen muss, begreift sich leicht, wenn den Angriffspunkten verschiedener motorischer Wurzeln eine ungleiche Reizbarkeit zukommt. Je nach der Stufe der Erregbarkeit jeder Wurzel wird sich, damit sie die Schwelle der Erregung überschreite, in ihr eine ungleich grosse Summe von an und für sich unwirksamen Einzelreizen summiren müssen. — Von diesem Gesichtspunkte aus würden sich alle geordneten Reflexe erklären, vorausgesetzt, dass in den sensiblen Nerven jeder noch so momentan wirkende Reiz eine Nachempfindung zurücklässt, und zugleich würde es begreiflich werden, dass die Zeit der Ausbreitung eines Reflexes sich vermindert, das Gebiet desselben dagegen zunimmt, wenn die Stärke des Reizes anwächst.

Aber auch unter der Voraussetzung von wahren Momentanerregungen der centripetalen Nerven würde meine Annahme noch nicht hinfällig werden. Denn es könnte die Dauer der Latenz auch dadurch bestimmt sein, dass zwischen dem äusseren Anstoss, welchen eine motorische Wurzel empfängt, und dem Augenblick, in dem ihr Erregungsgrad auf die zur Auslösung einer Muskelcontraction nöthige Höhe gestiegen ist, eine merkliche Zeit verstriche. Je nach der Geschwindigkeit, mit welcher dieser innere Vorgang in verschiedenen Wurzeln abliefe, würde sich dann die Dauer ihrer Latenz richten.

Da an dem Grade der inneren Beweglichkeit aller Nervenmassen ihre chemische Zusammensetzung einen hervorragenden Antheil nimmt, und da sich diese rasch und auf beschränktestem Raume zu ändern vermag, so würde sich aus der Erfahrung, dass sich die Latenz desselben Muskels bez. die seiner motorischen Nervenwurzeln in kurzer Zeit und unabhängig von der seiner Nachbarn ändert, gegen meine Anschauung keine Einwendungen erheben lassen.

5) Für die Bedeutung, welche die chemische Zusammensetzung des Rückenmarkes auf die Ausbreitungszeit der reflectorischen Erregung gewinnt, spricht am deutlichsten die Folge der Strychninvergiftung. Denn eine der wesentlichsten Wirkungen des Strychnins besteht in der Vernichtung der Unterschiede, welche die reflectorischen Latenzen unter gewöhnlichen Verhältnissen zeigen.

Anhangsweise folgen in tabellarischer Form die Messungen, welche dem Inhalt der vorstehenden Abhandlung zu Grunde liegen. Die Namen der Muskeln sind die von Ecker gewählten; der Ersparniss des Raumes wegen sind sie abgekürzt. Es bedeuten: A. m. l. = Adductor magnus et longus, A. min. = Adductor minor, B. = Biceps, Eb. = Extensor brevis, G. = Gastrocnemius, Gl. = Glutaeus, Ip. = Ileopsoas, O. = Obturator, P. = Peroneus, Pect. = Pectineus, Pyr. = Pyriformis, Q. = Quadratus, R. m. = Rectus magnus, R. l. = Rectus longus, S. = Sartorius, Sm. = Semimembranosus, St. = Semitendinosus, T. = Triceps, T. a. = Tibialis anticus. Beträgt die Latenz nur Bruchtheile einer Secunde, so ist die Null vor dem Punkt weggelassen.

In den folgenden Tabellen (S. 454—463) sind die Beobachtungen nach dem Orte des Hautreizes geordnet. — Alle Versuche sind an unvergifteten Fröschen angestellt.

Die Muskelreihenfolge und die Zeit in Secunden

Datum	Zahl	Der gereizte Ort	Methode der Reizung	I	II	III	IV
2. Mai	IV	Zehe	Ein schwacher Kniff mit dem Zängelchen	0 R. m.	·003 St.	·011 S.	·015[1] A. min.
2. Mai	III	„	Ein Kniff mit dem Zängelchen	0 St.	·011 R. m.	·014[1] A. min.	0·18 Pect.
2. Mai	V	„	Ein starker Kniff mit dem Zängelchen	0 St.	·017 B.	·021 S.	·042 T.
19. Mai	I	„	Ein dauernder Reiz 50° C.	0 St.	·028 Ip.	·045 B.	·105 Pyr.
19. Mai	II	„	Ein dauernder Reiz 50° C.	0 St.	·028 B.	·035 Ip.	·077 Pyr.
19. Mai	III a	„	Ein dauernder Reiz 50° C.	0 St.	·140 B.	—	—
2. Mai	VIII	„	Eintauchung in 2% essigsaure Lösungen	0 St.	·103 Gl.	·126 B.	·129 Ip.
2. Mai	IX	„	Eintauchung in 2% essigsaure Lösungen	0 St.	·273 Gl.	·280 B.	·305 R. m.
6. Mai	IX	„	Eintauchung in 2% essigsaure Lösung	0 St	—	—	—
6. Mai	IV	Obere Seite des Fusses	Ein starker Kniff	0 St.	·035 B.	0·46 Sm.	·175 R. m.
19. Mai	XVII	„	Dauernder Reiz 50° C.	0 Pect.	·70 A. min.	·112 S.	·133 T.
19. Mai	XVIII	„	„ 50° C.	0 Ip.	·119 St.	·161 B.	·175 S.
13. Mai	XI	Untere Seite des Fusses	Kitzel	0 B.	·021 R. l.	·025 St.	·025 T.
19. Mai	X	„	Dauernder Reiz 50° C.	0 St.	·007 Pyr.	·063 B.	·063 Ip.
19. Mai	XII	„	„ 50° C.	0 St.	·077 B.	—	—
19. Mai	XIII	„	„ 50° C.	0 St.	·161 B.	·343 Ip.	·448 S.
19. Mai	XIV	„	„ 50° C.	0 St.	·098 B.	·217 Ip.	—
13. Mai	X	„	„ 58° C.	0 St.	·091 B.	·200 R. l.	·203 R. m.
13. Mai	XIII	„	„ 59° C.	0 B.	0·21 St.	·028 R. l.	·035 Sm.
13. Mai	XII	„	„ 60° C.	0 B.	·053 R. l.	·056 Sm.	·063 T.
13. Mai	I	Innere Seite des Fusses	Ein Kniff mit dem Zängelchen	0 St.	·070 R. l.	·080 B.	·122 R. m.
6. Mai	I	„	Ein Kniff mit Druckpistol.	0 St.	·009 Sm	·014 B.	·031 R. l.

[1] A. min. kann entweder A. min. oder Quad. darstellen.

nach der Zusammenziehung des ersten Muskels.

V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII	XIV	XV
·018	·025	·066	·074	·088	·095	·112	·123[1]	—	—	—
A. m. l.	Pect.	B.	Gl.	Sm.	Ip.	Pyr.	A. min.			
·019	·035	·042	·053	·060	·078	·081	·091	·091[1]	·112	·113
S.	A. m. l.	Sm.	B.	T.	Gl.	O	Ip.	A. min.	R. l.	Pyr.
·059	·073	·080	·091	·117	·120	·122	·140	·154	—	—
Sm.	A. m. l.	R. m.	Gl.	Pect.	O.	Ip.	Pyr.	R. l.		
·119	·119	·119	·119	·126	·168	·224	·224	·224	·322	·336
Sm.	A. m. l.	Q.	O.	R. l.	R. m.	Pect.	Gl.	S.	A. min.	T.
·091	·091	·091	·112	·133	·161	·161	·175	—	—	—
Sm.	S.	O.	Q.	A. m. l.	R. m.	Gl.	A. min.			
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
·253	·269	·315	·377	·420	·480	·487	·539	·567[1]	·585	·671
S.	R. m.	Pyr.	A. m. l.	R. l.	O.	Sm.	A. min.	A. min.	T.	Pect.
·336	·350	·472	·525	·532	·535[1]	·540	·692	·868	·911	1·135[1]
S.	Ip.	A. m. l.	Pect.	Pyr.	A. min.	Sm.	O.	T.	R. l.	A. min.
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
·176	·186	·200	·203	·279	·329	·332	·339	·346	·378	·444
R. l.	S.	Pyr.	O.	Ip.	Pect.	A. min.	Gl.	Q.	A. m. l.	T.
·143	·154	·161	·161	·238	—	—	—	—	—	—
Ip.	Q.	Sm.	A. m. l.	Pyr.						
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
·035	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Sm.										
·175	·196	·203	·206	·217	·224	·245	·245	·245	·252	·287
S.	O.	R. l.	Sm.	Q.	Gl.	A. m. l.	R. m.	T.	Pect.	A. min.
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
·504	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Sm.										
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
·221	·273	·315	·329	·336	·343	·354	·375	·378	·382	·910
S.	Sm.	Pyr.	A. m. l.	Ip.	Gl.	T.	Pect.	A. min.	Q.	O.
·049	·063	·063	·063	·070	·074	·140	—	—	—	—
T.	Pyr.	A. m. l.	R. m.	S.	Ip.	Gl.				
·081	·091	·098	·105	·133	·172	·224	·259	·280	·287	·301
St.	Pyr.	A. m. l.	R. m.	Ip.	Gl.	Q.	O.	A. min.	Pect.	S.
·161	·186	·206	·206	·210	·221	·231	·242	·252	·263	—
S.	T.	Sm.	Ip.	A. m. l.	A. min.	Pyr.	Pect.	Gl.	Q.	
·042	·050	·052	·067	·071	·077	·081	·105	·105	·112	·115
O.	R. m.	Pyr.	T.	Ip.	S.	Q.	A. m. l.	A. min.	Pect.	Gl.

Die Muskelreihenfolge und die Zeit in Secunden nach

Datum	Zahl	Der gereizte Ort	Methode der Reizung	I	II	III	IV
6. Mai	II	Innere Seite des Fusses	Ein Kniff mit dem Blitzzange	0 St.	·077 B.	·078 Sm.	·080 Ip.
19. Mai	IV	„	Dauernder Reiz 50° C.	0 St.	·007 Ip.	·021 B.	·035 Pyr.
19. Mai	XV	„	„ 50° C.	0 St.	—	—	—
19. Mai	XVI	„	„ 50° C.	0 St.	·007 Pect.	·070 B.	·021 S.
13. Mai	III	„	„ 54° C.	0 St.	·280 R. m.	·336 R. l.	4·144 B.
13. Mai	II	„	„ 55° C.	0 St.	·378 R. m.	·451 R. l.	·490 Ip.
13. Mai	IV	„	„ 56° C.	0 St.	1·470 R. m.	1·498 R. l.	2·772 B.
13. Mai	V	„	„ 59° C.	0 St.	·700 R. m.	·833 R. l.	2·576 B.
6. Mai	III	Aeussere Seite des Fusses	Ein Kniff mit dem Zängelchen	0 B.	·042 Sm.	·056 St.	·077 O.
19. Mai	V	„	Dauernder Reiz 50° C.	0 B.	·084 Ip.	·168 S.	·168 St.
19. Mai	VI	„	„ 50° C.	0 B.	·196 St.	—	—
19. Mai	VII	„	„ 50° C.	0 St.	·070 Ip.	·105 B.	·140 Pyr.
19. Mai	VIII	„	„ 50° C.	0 St.	4·144 Ip.	4·312 Pyr.	4·312 S.
19. Mai	IX	„	„ 50° C.	0 St.	·434 B.	·518 R. l.	·602 Ip.
13. Mai	IX	„	„ 54° C.	0 St.	·490 B.	·525 R. l.	·840 R. m.
13. Mai	VI	„	„ 55° C.	0 St.	·644 R. l.	·756 B.	1·050 R. m.
13. Mai	VII	„	„ 55° C.	0 St.	·231 B.	·315 R. l.	·350 R. m.
13. Mai	VIII	„	„ 55° C.	0 St.	·217 R. l.	·297 B.	·315 R. m.
2. Mai	II	Fuss	Ein Kniff mit dem Zängelchen	0 St.	·112 R. m.	·117 S.	·162 B.
19. Mai	III b	„	„	0 B.	·028 St.	·189 Ip.	·189 S.
2. Mai	VI	„	Eintauchen in eine 2proc. Essigsäurelösung	0 St.	·203 Gl.	·252 Ip.	·294 B.
2. Mai	VII	„	„	0 St.	·161 Gl.	·210 B.	·217 R. m.
6. Mai	X	„	„	0 St.	B.	—	—

[1] A. min. kann entweder A. min. oder Quad. darstellen.

der Zusammenziehung des ersten Muskels (Fortsetzung).

V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII	XIV	XV
·081 R. m.	·087 R. l.	·094 Pyr.	·098 O.	·112 Q.	·115 S.	·126 Pect.	·140 Gl.	·145 T.	·154 A. min.	·161 A. m. l.
·077 Sm.	·084 A. m. l.	·112 R. l.	·140 Q.	·154 O.	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—		—							
.756 Q.	·770 Gl.	·924 A. m. l.	—	—	—	—	—	—	—	—
3·654 Gl.	3·682 Q.	4·774 Ip.	4·788 A. m. l.	4·844 S.	4·872 T.	4·956 Pyr.	5·292 Sm.	—	—	—
2·870 Gl.	2·884 Ip.	2·940 Q.	2·940 A. m. l.	2·968 S.	2·982 Pyr.	3·626 T.	—	—	—	—
·085 Ip.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
·210 Sm.	1·960 Pyr.	1·988 Q.	1·988 O.	2·030 A. m. l.	2·072 Gl.	2·198 A. min.	2·198 R. m.	2·324 T.	2·492 Pect.	3·542 R. l.
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
·168 S.	·168 A. m. l.	·168 Q.	·175 Sm.	·175 O.	·210 R. l.	·224 Pect.	·231 Gl.	.252 R. m.	·266 A. min.	·350 T.
4·340 B.	4·382 A. m. l.	4·382 Q.	4·382 O.	4·396 R. m.	4·410 Gl.	4·431 T.	4·529 Pect.	4·536 A. min.	4·746 R. l.	—
·602 S.	·658 Sm.	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
·168[1] A. min.	·273 Gl.	·277 A. m. l.	·280 Pect.	·318 Ip.	·364 Sm.	·385 Pyr.	—	—	—	—
·210 Sm.	.257 Pyr.	·266 Q.	.280 A. m. l.	·287 O.	·315 Gl.	.322 R. m.	—	—	—	—
.301 Pyr.	·371 A. m. l.	·420 S.	·423 R. m.	·441[1] A. min.	·476 O.	·501 Pect.	·511 Sm.	·588 T.	·602[1] A. min.	·609 R. l.
·224 Ip.	·242[1] A. min.	·294 S.	·350[1] A. min.	·364 Sm.	·372 A. m. l.	.420 Pect.	·441 Pyr.	·531 O.	·524 T.	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Die Muskelreihenfolge und die Zeit in Secunden nach

Datum.	Zahl.	Der gereizte Ort	Methode der Reizung	I	II	III	IV
13. Mai	XVI	Innere Seite des Unterschenkels.	Dauernder Reiz 60° C.	0 B.	·014 S.	·056 St.	·091 T.
13. Mai	XV	Aeussere Seite des Unterschenkels.	Dauernder Reiz 60° C.	0 B.	·063 R. l.	·063 T.	·088 St.
6. Mai	XI	Rücken des Unterschenkels.	Ein mit 2% Essigsäure befeuchtetes Papierstückchen	0 B.	·087 Sm.	·329 St.	·374 R. l.
6. Mai	XII	„	„	0. O.	·028 Gl.	·032 Ip.	·035 B.
2. Mai	XI	„	Ein mit conc. Essigsäure befeuchtetes Papierstückchen.	0 B.	1·477 Gl.	1·505 R. l.	1·509 Sm.
2. Mai	XII	„	„	0. B.	·504 R. l.	·553 R. m.	·574 Sm.
6. Mai	V	Hoch a. d. Rücken des Oberschenkels	Ein Kniff mit der Blitzzange	0 T.	·011 Sm.	·014 B.	·014 Gl.
6. Mai	VI	„	„	0 Gl.	·007 Ip.	·010 B.	·010 St.
13. Mai	XIV	Innere Seite des Oberschenkels	Dauernder Reiz 60° C.	0 B.	·007 R. m.	·021 S.	·084 Ip.
6. Mai	VII	Niedrig auf der Seite des Bauches	Ein Kniff mit der Blitzzange	0 B.	·053 Sm.	·070 St.	·151 Ip.
6. Mai	VIII	„	„	0 Sm.	·010 B.	·035 St.	·105 Ip.

[1] A. min. kann entweder A. min. oder Quad. darstellen.

der Zusammenziehung des ersten Muskels (Fortsetzung).

V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII	XIV	XV
·112 R. l.	·154 R. m.	·200 Ip.	1·022 Sm.	1·071 A. m. l.	1·078 Pyr.	1·092 A. min.	1·120 Gl.	1·134 Q.	1·176 Pect.	—
·112 A. m. l.	·126 R. m.	·126 Pyr.	·147 Ip.	·161 Gl.	·182 Q.	·192 Sm.	·280 S.	·280 A. min.	·280 Pect.	·280 O.
·423 Pyr.	·424 Ip.	·455 O.	·466 R. m.	·497 S.	·517 A. min.	·539 A. m. l.	·573 T.	·573 Q.	·588 Pect.	—
·039 St.	·056 Pyr.	·094 Sm.	·133 R. l.	·182 S.	—	—	—	—	—	—
1·561 R. m.	1·585 A. m. l.	1·586 St.	1·624[1] A. min.	—	—	—	—	—	—	—
1·421 Gl.	1·435 St.	1·449 A. m. l.	1·492 Pyr.	1·512 Ip.	1·512[1] A. min.	—	—	—	—	—
·043 Ip.	·056 Q.	·063 Pyr.	—	—	—	—	—	—	—	—
·017 Pyr.	·059 Sm.	·150 R. l.	—	—	—	—	—	—	—	—
·175 St.	R. l.	—	—	—	—	—	—	—	—	—
·151 R. l.	·151 Pyr.	·153 Gl.	·199 Q.	—	—	—	—	—	—	—
·105 Gl.	·111 Pyr.	·119 R. l.	—	—	—	—	—	—	—	—

Die Muskelreihenfolge und die Zeit in Secunden nach der Zusammenziehung des ersten Muskels (Fortsetzung).

Datum	Zahl	Der gereizte Ort	Methode der Reizung	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI
19. Juli	I a	Rücken des Fussgelenks	Reibung mit dem Zängelchen	0 St.	·203 T. a.	·224 R. m.	·227 Sm.	·231 B.	—	—	—	—	—	—
19. Juli	I b	„	„	0 T. a.	·025 Sm.	·027 St.	·035 R. m.	·189 B.	—	—	—	—	—	—
10. Juli	V	„	Dauernder Reiz 48° C.	0 St.	·028 T. a.	—	—	—	—	—	—	—	—	—
23. Juli	III	„	„ 48° C.	0 T. a.	·028 B.	·042 St.	—	—	—	—	—	—	—	—
31. Juli	III	„	„ 48° C.	0 St.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
31. Juli	IV	„	„ 48° C.	0 St.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
18. Juli	VI	„	„ 48·5° C.	0 St.	·056 B.	·126 S.	·147 Sm.	·217 R. m.	·266 R. l.	·756 T. a.	3·948 T.	—	—	—
18. Juli	VII	„	„ 48·5° C.	0 St.	·210 B.	·476 T. a.	·658 Sm.	·812 R. m.	·924 S.	4·536 T.	5·964 P.	—	—	—
31. Juli	VI	„	„ 57° C.	0 St.	5·264 B.	—	—	—	—	—	—	—	—	—
10. Juli	VI	„	„ 58° C.	0 T. a.	·014 B.	·021 St.	·140 P.	—	—	—	—	—	—	—
23. Juli	IV	„	„ 60° C.	0 T.	·014 T. a.	·045 B.	·049 St.	·294 P.	·336 R. l.	·347 Sm.	·586 R. m.	·630 S.	—	—
23. Juli	V	„	„ 60° C.	0 T. a.	·004 T.	·021 B.	·039 St.	—	—	—	—	—	—	—
10. Juli	VII	„	„ 66° C.	0 T. a.	·028 St.	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Die Muskelreihenfolge und die Zeit in Secunden nach der Zusammenziehung des ersten Muskels (Forts.).

Datum	Zahl	Der gereizte Ort	Methode der Reizung	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI
4. Juli	I	Innere Seite des Fussgelenks	Ein Strich mit dem Pinsel	0 B.	·010 T. a.	·011 Sm.	—	—	—	—	—	—	—	—
4. Juli	II	„	Reibung mit dem Zängelchen	0 B.	·014 Sm.	·028 T. a.	—	—	—	—	—	—	—	—
8. Juli	III	„	„	0 T. a.	·014 P.	·056 B.	—	—	—	—	—	—	—	—
4. Juli	III	„	Ein kleiner Kniff	0 B.	0 T. a.	·014 T.	·017 Sm.	·021 P.	—	—	—	—	—	—
8. Juli	II	„	Ein Kniff	0 B.	·049 St.	·126 Sm.	·161 S.	·165 R. l.	·173 P.	·287 T. a.	·301 R. m.	·385 T.	—	—
4. Juli	IV	„	Ein starker Kniff	0 B.	·014 Sm.	·035 T. a.	·056 R. l.	·098 T.	·098 S.	·140 R. m.	·168 P.	·224 St.	·350 G.	—
22. Juli	II	„	Dauernder Reiz 48° C.	0 St.	·028 B.	—	—	—	—	—	—	—	—	—
22. Juli	III	„	„ 48° C.	0 St.	·148 B.	—	—	—	—	—	—	—	—	—
4. Juli	V	„	„ 48° C.	0 B.	·112 T. a.	·322 Sm.	—	—	—	—	—	—	—	—
31. Juli	II	„	„ 48·5° C.	0 St.	·203 T. a.	·214 P.	·224 B.	—	—	—	—	—	—	—
24. Juni	I	„	„ 50° C.	0 Sm.	·014 T.	·042 T. a.	·042 R. m.	·042 R. l.	·049 S.	·084 P.	·119 B.	·154 G.	·154 St.	E. b.
24. Juni	II	„	„ 50° C.	0 St.	0 B.	·154 Sm.	·154 T.	·252 R. m.	·294 S.	·322 R. l.	·504 G.	·952 T. a.	1·092 P.	—
24. Juni	III	„	„ 50° C.	0 St.	·098 B.	·140 Sm.	·140 T.	·210 R. m.	·210 S.	·294 R. l.	·616 G.	·868 T. a.	·973 P.	—
24. Juni	IV	„	„ 52° C.	0 St.	·070 B.	·140 T.	·168 Sm.	·182 R. m.	·196 S.	·280 G.	·294 R. l.	·911 T. a.	2·380 P.	—
24. Juni	V	„	„ 55° C.	0 St.	·056 B.	·112 Sm.	·126 T.	·140 R. m.	·182 S.	·182 R. l.	·280 G.	·560 T. a.	·952 P.	—

Die Muskelreihenfolge und die Zeit in Secunden nach der Zusammenziehung des ersten Muskels (Forts.).

Datum	Zahl	Der gereizte Ort	Methode der Reizung	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI
24. Juni	VI	Innere Seite des Fussgelenks	Dauernder Reiz 55° C.	0 St.	·056 B.	·098 Sm.	·154 T.	·210 R. m.	·224 S.	·238 R. l.	·742 G.	·938 T. a.	·938 P.	—
24. Juni	IX	„	„ 55° C.	0 St.	·084 B.	·126 Sm.	·140 T.	·224 R. m.	·252 S.	·280 R. l.	·504 G.	·798 T. a.	(?) P.	—
4. Juli	VI	„	„ 55° C.	0 B.	·098 T. a.	·196 Sm.	·392 P.	·448 S.	·546 T.	·553 R. m.	·798 R. l.	·854 St.	1·652 G.	—
22. Juli	IV	„	„ 58° C.	0 St.	0 B.	·154 R. m.	—	—	—	—	—	—	—	—
4. Juli	VII	„	„ 59° C.	0 B.	·294 Sm.	·364 T. a.	·406 P.	·420 R. l.	·756 S.	·966 T.	1·190 R. m.	1·750 St.	2·422 G.	—
24. Juni	X	„	„ 60° C.	0 St.	·070 B.	·070 Sm.	·126 T.	·140 R. m.	·182 S.	·182 R. l.	·490 G.	·882 T. a.	(?) P.	—
24. Juni	VII	„	„ 61° C.	0 St.	·070 B.	·084 Sm.	·126 T.	·168 R. m.	·196 S.	·196 R. l.	·322 G.	·392 T. a.	·798 P.	—
24. Juni	VIII	„	„ 61° C.	0 St.	·126 B.	·154 Sm.	·182 T.	·196 R. m.	·238 S.	·280 R. l.	(?) G.	·882 T. a.	2·758 P.	—
10. Juli	I a	Aeussere Seite des Fussgelenks	Ein Strich mit dem Pinsel	St.	T. a.	—	—	—	—	—	—	—	—	—
10. Juli	I b	„	„	0 St.	·196 T. a.	—	—	—	—	—	—	—	—	—
18. Juli	I	„	„	T.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
10. Juli	II	„	Reibung mit dem Zängelchen	0 St.	·042 T. a.	·084 B.	·210 P.	—	—	—	—	—	—	—
18. Juli	II	„	Ein kleiner Kniff	0 T.	0 T. a.	·049 B.	—	—	—	—	—	—	—	—
10. Juli	III	„	Ein Kniff	0 B.	·014 St.	·014 T. a.	·210 P.	·217 Sm.	·280 S.	·280 T.	·280 R. m.	·280 R. l.	·280 E. b.	—
18. Juli	III	„	Ein starker Kniff	0 St.	·028 B.	·070 S.	·070 R. m.	·098 R. l.	·140 T.	·231 T. a.	—	—	—	—

Die Muskelreihenfolge und die Zeit in Secunden nach der Zusammenziehung des ersten Muskels (Forts.).

Datum	Zahl	Der gereizte Ort	Methode der Reizung	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI
18. Juli	V	Aeussere Seite des Unterschenkels	Ein kleiner Kniff	0 St.	·001 B.	·001 Sm.	·003 G.	·004 R. l.	—	—	—	—	—	—
18. Juli	IX	„	„	0 T.	·011 T. a.	·015 B.	·016 St.	·018 S.	·022 R. m.	·033 Sm.	·035 R. l.	·186 P.	—	—
18. Juli	X	„	Dauernder Reiz 48° C.	0 St.	1·120 T. a.	—	—	—	—	—	—	—	—	—
18. Juli	IV	Fuss	Ein Strich mit dem Pinsel	St.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
23. Juli	I	„	Ein Kniff mit dem Zängelchen	0 B.	·021 T. a.	·027 St.	·035 Sm.	·038 R. l.	·044 T.	·057 P.	·060 R. m.	—	—	—
23. Juli	II	„	„	0 B.	·014 T. a.	·014 St.	·058 P.	·081 Sm.	·106 T.	·109 R. l.	·210 R. m.	—	—	—
31. Juli	I	„	Ein Kniff mit der Blitzzange	0 St.	·032 B.	—	—	—	—	—	—	—	—	—
18. Juli	VIII	Zehe	Ein Kniff mit der Zängelchen	0 St.	0 S.	·002 B.	·006 R. m.	·016 R. l.	·019 Sm.	·025 T.	·170 P.	—	—	—
31. Juli	VII a	Ein Finger der rechten Hand	Ein Kniff mit der Blitzzange	0 R. m.	0 S.	·001 T.	·025 B.	·028 Sm.	—	—	—	—	—	—
31. Juli	VII b	„	„	0 R. m.	0 S.	·007 T.	·021 St.	·024 B.	·025 Sm.	·027 R. l.	—	—	—	—

Die in den Tabellen S. 464 bis S. 467 aufgeführten Beobachtungen sind an Fröschen, die mit Strychnin vergiftet waren, gewonnen. Gleichheit des Datums in diesen und den Tabellen S. 460 bis S. 463 zeigt an, dass die Beobachtungen an demselben noch nicht vergifteten Thiere geschahen.

Die Muskelreihenfolge und die Zeit in Secunden nach der Zusammenziehung des ersten Muskels (Forts.).

Datum	Zahl	Der gereizte Ort	Methode der Reizung	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI
22. Juli	VII	Zehe	Ein Kniff mit der Blitzzange	0 G.	0 R. m.	·004 St.	·007 B.	·007 Sm.	·007 P.	·007 R. l.	·010 T.	·014 S.	·014 T. a.	·022 E. b.
22. Juli	IX	„	„	0 G.	·004 B.	·005 P.	·005 R. m.	·010 Sm.	·013 St.	·013 T.	·015 T. a.	·015 E. b.	·017 S.	·017 R. l.
22. Juli	X	„	„	0 G.	·004 B.	·006 P.	·007 R. m.	·007 Sm.	·010 R. l.	·014 St.	·014 T. a.	·014 E. b.	.016 S.	·016 T.
23. Juli	III	„	„	0 G.	·005 B.	·016 T. a.	·016 T.	·024 St.	·032 P.	·033 Sm.	·038 R. l.	·043 R. m.	·058 E. b.	·069 S.
31. Juli	XI	„	„	0 G.	·017 E. b.	·021 T.	·021 B.	·021 St.	·021 R. l.	·024 Sm.	·029 P.	·035 R. m.	·039 T. a.	·042 S.
19. Juli	I b	Rücken des Fussgelenks	Eine freiwillige Zusammenziehuug	0 B.	0 P.	·003 T.	·003 S.	·003 R. m.	·003 St.	·003 Sm.	·003 E. b.	·005 T. a.	·008 G.	·009 R. l.
31. Juli	XII	„	Berührung	0 G.	.004 E. b.	·013 T.	·014 P.	·019 Sm.	·021 R. l.	·027 R. m.	·028 B.	·035 S.	·035 St.	·062 T. a.
19. Juli	I a	„	Ein kleiner Kniff	0 St.	0 B.	·010 P.	·014 Sm.	·028 S.	·056 T.	·091 E. b.	·115 R. m.	·126 R. l.	·133 G.	·147 T. a.
19. Juli	V	„	Ein Kniff	0 B.	0 St.	·007 T. a.	·007 P.	·008 E. b.	·008 Sm.	·014 R. l.	·014 G.	·014 T.	·017 R. m.	·031 S.
19. Juli	X	„	Dauernder Reiz 47° C.	0 T. a.	·004 St.	·014 B.	·031 E. b.	·031 T.	—	—	—	—	—	—
19. Juli	VIII	„	„ 48° C.	0 St.	·004 T. a.	·008 E. b.	·011 B.	·013 P.	·014 T.	·019 S.	·022 Sm.	·027 R. m.	·028 R. l.	·028 G.
19. Juli	IX	„	„ 48° C.	0 B.	0 T. a.	·003 St.	·010 E· b.	·021 P.	·021 T.	·027 Sm.	·035 S.	·035 R. m.	·046 G.	—

Datum	Zahl	Der gereizte Ort	Methode der Reizung	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI
19. Juli	XI	Rücken des Fussgelenks	Dauernder Reiz 49·5° C.	0 T. a.	·007 St.	·019 B.	·025 E. b.	·025 P.	·028 T.	·036 Sm.	·041 R. m.	·049 S.	·052 G.	—
19. Juli	XII	„	„ 55° C.	0 St.	0 B.	·003 T. a.	·007 P.	·009 E. b.	·017 T.	·019 Sm.	·025 R. m.	–		—
18. Juli	XIVa	Innere Seite des Fussgelenks	Ein kleiner Kniff	0 T.	·007 T. a.	·014 St.	·014 B.	·014 R. l.	·016 R. m.	·017 Sm.	·030 S.	·031 P.	·031 G.	—
18. Juli	XIVb	„	Ein starker Kniff	0 B.	·042 Sm.	·053 G.	·056 T. a.	·060 T.	·063 R. l.	·063 R. m.	·066 P.	·070 S.	—	—
22. Juli	IV	„	Dauernder Reiz 49° C.	0 St.	·005 B.	·021 R. m.	·036 S.	·056 Sm.	·069 T. a.	·077 P.	·080 G.	·081 R. l.	·091 T.	·115 E. b.
22. Juli	VIII	„	„ 52° C.	0 St.	·011 B.	·049 R. m.	·074 T. a.	·074 Sm.	·077 S.	·092 P.	·102 R. l.	·116 G.	·162 T.	·209 E. b.
22. Juli	V	„	„ 61° C.	0 B.	·005 St.	·063 R. m.	·086 S.	·097 Sm.	·100 T. a.	·119 P.	·119 T.	·128 R. l.	·134 G.	·196 E. b.
19. Juli	XIV1	Aeussere Seite des Fussgelenks	Ein kleiner Kniff	0 St.	·007 T. a.	·011 P.	·017 T.	·021 Sm.	·021 E. b.	·027 B.	·033 G.	·036 R. m.	·038 S.	·045 R. l.
19. Juli	XIV2	„	„	0 T. a.	·007 T.	·013 P.	·017 Sm.	·028 B.	·028 St.	·029 G.	·029 R. m.	·032 S.	—	—
19. Juli	XIV3	„	„	0 T. a.	·008 T.	·010 P.	·014 B.	·014 St.	·014 E. b.	·017 Sm.	·022 G.	·024 R. m.	·029 S.	·032 R. l.
19. Juli	XIV4	„	„	0 P.	·003 T.	·005 T. a.	·007 E. b.	·008 Sm.	·011 B.	·011 St.	·011 R. l.	·014 G.	·017 R. m.	·025 S.
19. Juli	XIV5	„	„	0 P.	0 T.	·005 E. b.	·007 Sm.	·011 T. a.	·011 G.	·014 R. m.	·017 St.	·017 R. l.	·018 B.	·021 S.
19. Juli	XIV6	„	„	0 T.	·005 P.	·007 St.	·008 Sm.	·010 T. a.	·013 R. m.	·017 G.	·019 B.	·024 E. b.	·024 R. l.	·028 S.
19. Juli	XIV7	„	„	0 T.	·001 St.	·005 P.	·010 Sm.	·015 E. b.	·017 R. m.	·019 B.	·024 G.	·025 R. l.	·027 T. a.	·042 S.

Die Muskelreihenfolge und die Zeit in Secunden nach der Zusammenziehung des ersten Muskels (Forts.).

Datum	Zahl	Der gereizte Ort	Methode der Reizung	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI
22. Juli	III a	Fuss	Berührung mit dem Pinsel	0 St.	0 B.	0 R. m.	·003 G.	·003 S.	·010 Sm.	·010 T.	·010 R. l.	·015 T. a.	·017 P.	·028 E. b.
22. Juli	III b	„	„	0 St.	·002 E. b.	·003 B.	·004 R. m.	·008 G.	·010 S.	·015 T.	·019 Sm.	·022 T. a.	·022 R. l.	·029 P.
22. Juli	II a	„	Reibung mit dem Pinsel	0 R. m.	·011 St.	·014 S.	·019 B.	·031 Sm.	·033 T.	·046 T. a.	·063 P.	·077 R. l.	·108 G.	·161 E. b.
22. Juli	II b	„	„	0 St.	0 R. m.	·007 S.	·017 Sm.	·021 T.	·046 T. a.	·077 P.	·077 R. l.	·084 G.	·133 B.	—
19. Juli	XIII	„	„	0 T. a.	·004 B.	·004 P.	·004 T.	·010 St.	·011 E. b.	·011 Sm.	·015 R. m.	·018 G.	·021 R. l.	·021 S.
23. Juli	I	„	Ein Kniff mit dem Zängelchen	0 G.	·007 R. l.	·013 Sm.	·015 T.	·015 R. m.	·028 St.	·028 E. b.	·045 P.	·196 B.	·204 T. a.	—
19. Juli	II	Rücken des Unterschenkels	Die Berührung eines Pinsels	0 P.	·001 T. a.	·004 E. b.	·004 Sm.	·004 St.	·004 S.	·004 T.	·008 R. m.	·010 R. l.	·011 G.	·018 B.
19. Juli	III	„	„	0 B.	·013 P.	·014 T. a.	·017 St.	·017 R. l.	·025 E. b.	·027 Sm.	·028 G.	·042 T.	·044 R. m.	·049 S.
19. Juli	VI	„	„	0 B.	0 T. a.	0 P.	0 T.	·003 Sm.	·004 G.	·005 R. m.	·005 S.	·007 E. b.	·007 R. l.	·010 St.
31. Juli	X	„	Berührung	0 G.	·010 St.	·018 E. b.	·018 Sm.	·018 R. l.	·021 T.	·021 P.	·027 B.	·032 T. a.	·033 R. m.	·035 S.
18. Juli	XII	„	Ein Strich mit einem Pinsel	0 St.	·014 R. m.	·016 B.	·042 S.	·084 T. a.	—	—	—	—	—	—
22. Juli	XI	„	„	0 G.	·004 T. a.	·010 B.	·010 St.	·010 R. m.	·016 P.	·021 Sm.	·024 T.	·024 S.	·053 E. b.	·053 R. l.
18. Juli	XIIIa	„	Reibung mit dem Zängelchen	0 T. a.	·002 T.	·007 B.	·009 St.	·011 R m.	·013 R. l.	·016 Sm.	·022 P.	·033 S.	—	—
18. Juli	XIIIb	„	Ein Kniff mit dem Zängelchen	0 B.	·011 St.	·013 R. m.	·020 Sm.	·021 S.	·031 R. l.	·052 T. a.	·055 P.	·056 T.	·165 E. b.	·165 G.
23. Juli	XII	„	Ein Kniff mit der Blitzzange	0 G.	·021 B.	·021 E. b.	·021 T.	·022 Sm.	·024 R. m.	·027 R. l.	·028 St.	—	—	—
19. Juli	VII	„	Dauernder Reiz 48° C.	0 E. b.	·014 B.	·015 T. a.	·025 P.	·028 St.	·028 T.	·030 Sm.	·030 S.	·032 R. m.	·042 R. l.	·042 G.
23. Juli	VIII	„	„ 49° C.	0 B.	·003 T	·007 R. l.	·013 R. m.	·014 Sm.	·030 St.		–			–

Die Muskelreihenfolge und die Zeit in Secunden nach der Zusammenziehung des ersten Muskels (Forts.).

Datum	Zahl	Der gereizte Ort	Methode der Reizung	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI
18. Juli	XI	Rücken des Unterschenkels	Dauernder Reiz 52° C.	0 St.	·077 B.	·140 R. l.	·147 R. m.	·175 S.	·182 Sm.	·189 T. a.	·224 P.	·266 T.	—	—
22. Juli	XII	„	„ 52° C.	0 B.	·003 St.	·007 R. m.	·024 S.	·049 Sm.	·056 T. a.	·063 P.	·063 R. l.	—	—	—
31. Juli	XIII	„	„ 55° C.	0 G.	·229 T.	·237 B.	·238 E. b.	·252 R. l.	·252 R. m.	·255 St.	·256 S.	·259 Sm.	—	—
22. Juli	XI I	„	„ 56° C.	0 B.	·019 St.	·031 S.	·044 R. m.	·047 Sm.	·056 T. a.	·089 R. l.	·095 P.	—	—	—
23. Juli	IX	„	„ 59° C.	0 T.	·004 B.	·004 R. l.	·011 Sm.	·015 R. m.	·032 St.	—	—	—	—	—
23. Juli	X	„	„ 59° C.	0 R. m.	·042 B.	·084 P.	·084 T.	·084 R. l.	·112 St.	—	—	—	—	—
23. Juli	XI	„	„ 60° C.	0 B.	·273 Sm.	·280 St.	·301 R. l.	·308 R. m.	·315 T.	1·022 E. b.	1·029 G.	1·036 P.	—	—
23. Juli	XIII	„	„ 60° C.	0 B.	·015 R. m.	·019 E. b.	·019 G.	·028 Sm.	·028 R. l.	·028 St.	·029 T.	—	—	—
23. Juli	V	Finger der rechten Hand	Ein Kniff mit der Blitzzange	0 T.	·001 G.	·004 E. b.	·004 Sm.	·004 R. l.	·007 P.	·008 B.	·008 R. m.	·011 St.	·022 T. a.	·032 S.
23. Juli	VI	„	„	0 G.	0 T.	0 E. b.	0 R. l.	·001 B.	·003 P.	·003 Sm.	·004 R. m.	·005 St.	·015 T. a.	·028 S.
31. Juli	VIII	„	„	0 T.	·007 R. m.	·008 S.	·011 B.	·011 Sm.	·011 R. l.	·011 E. b.	·014 St.	·014 G.	—	—
31. Juli	IX	„	„	0 T.	0 R. m.	0 S.	0 E. b.	·001 St.	·003 B.	·003 R. l.	·003 G.	·010 Sm.	·010 P.	·024 T. a.
23. Juli	IV a	Finger der linken Hand	Ein Schlag mit dem Zängelchen	0 G.	0 T.	0 B.	·003 P.	·003 Sm.	·003 St.	·004 E. b.	·005 R. l.	·007 R. m.	·014 T. a.	·028 S.
23. Juli	IV b	„	Ein Kniff mit dem Zängelchen	0 St.	·004 E. b.	·007 G.	·008 T.	·010 B.	·013 Sm.	·014 P.	·014 R. l.	·015 R. m.	·018 T. a.	·035 S.
23. Juli	IV c	„	„	0 B.	0 St.	·003 G.	·005 E. b.	·005 P.	·005 R. l.	·007 Sm.	·010 R. m.	·011 T. a.	·021 T.	·028 S.
23. Juli	VII	„	Ein Kniff mit der Blitzzange	0 St.	·003 P.	·004 T.	·004 R. l.	·005 E. b.	·005 Sm.	·005 G.	·007 B.	·007 R. m.	·025 S.	·029 T. a.

Die folgenden Tabellen geben die Beobachtungen

Die Muskelreihenfolge und die Zeit in Secunden nach

Die Ordnung		Der gereizte Ort	Methode der Reizung	I	II	III	IV
1884 2. Mai	II	Fuss	Ein Kniff mit dem Zängelchen	0 St.	·112 R. m.	·117 S.	·162 B.
	III	Zehen	„	0 St.	·011 R. m.	·014[1] A. min.	·018 Pect.
	IV	„	Ein kleiner Kniff	0 R. m.	·003 St.	·011 S.	·015[1] A. min.
	V	„	Ein schwerer Kniff	0 St.	·017 B.	·021 S.	·042 T.
	VI	Fuss	Eintauchung in 2proc. Essigsäurelösung	0 St.	·203 Gl.	·252 Ip.	·294 B.
	VII	„	„	0 St.	·161 Gl.	·210 B.	·217 R. m.
	VIII	Zehen	„	0 St.	·103 Gl.	·126 B.	·129 Ip.
	IX	„	„	0 St.	·273 Gl.	·280 B.	·305 R. m.
	XI	Rücken des Unterschenkels	Ein mit concentr. Essigsäure befeuchtetes Papierstückchen	0 B.	1·477 Gl.	1·505 R. l.	1·509 Sm.
	XII	„		0 B.	·504 R. l.	·553 R. m.	·574 Sm.
1884 6. Mai	I	Innere und obere Seite des Fusses	Ein Kniff mit der Blitzzange	0 St.	·009 Sm.	·014 B.	·031 R. l.
	II	„	„	0 St.	·077 B.	·078 Sm.	·080 Ip.
	III	Aeussere u. obere Seite des Fusses	„	0 B.	·042 Sm.	·056 St.	·077 O.
	IV	Obere Seite des Fusses	„	0 St.	·035 B.	·046 Sm.	·175 R. m.
	V	Hoch auf dem Rücken des	„	0 T.	·011 Sm.	·014 B.	·014 Gl.
	VI	Oberschenkels	„	0 Gl.	·007 Ip.	·010 B.	·010 St.
	VII	Niedrig auf der Seite des Bauches	„	0 B.	·053 Sm.	·070 St.	·151 Ip.
	VIII	„	„	0 Sm.	.010 B.	·035 St.	·105 Ip.
	IX	Zehe	Eintauchung in 2proc. Essigsäurelösung	0 St.	—	—	—
	X	Fuss	„	0 St.	0 B.	—	—
	XI	Rücken des Unterschenkels	Ein mit 2proc. Essigsäure befeuchtetes Papierstückchen	0 B.	·087 Sm.	·329 St.	·374 R. l.
	XII	„		0 O.	·028 Gl.	·032 Ip.	·035 B.

[1] A. min. kann entweder A. min. oder Quad. darstellen.

in der angestellten Reihenfolge.

der Zusammenziehung des ersten Muskels.

V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII	XIV	XV
·168[1] A.min.	·273 Gl.	·277 A. m. l.	·280 Pect.	·318 Ip.	·364 Sm.	·385 Pyr.	—	—	—	—
·019 S.	·035 A. m. l.	·042 Sm.	·053 B.	·060 T.	·078 Gl.	·081 O.	·091 Ip.	·091[1] A. min.	·112 R. l.	·113 Pyr.
·018 A. m. l.	·025 Pect.	·066 B.	·074 Gl.	·088 Sm.	·095 Ip.	·112 Pyr.	·123[1] A. min.	—	—	—
·059 Sm.	·073 A. m. l.	·080 R. m.	·091 Gl.	·117 Pect.	·120 O.	·122 Ip.	·140 Pyr.	·154 R. l.	—	—
·301 Pyr.	·371 A. m. l.	·420 S.	·423 R. m.	·441[1] A. min.	·476 O.	·501 Pect.	·511 Sm.	·588 T.	·602[1] A. min.	·609 R. l.
·224 Ip.	·242[1] A. min.	·294 S.	·350[1] A. min.	·364 Sm.	·372 A. m. l.	·420 Pect.	·441 Pyr.	·521 O.	·524 T.	—
·253 S.	·269 R. m.	·315 Pyr.	·377 A. m. l.	·420 R. l.	·480 O.	·487 Sm.	·539[1] A. min.	·567[1] A. min.	·585 T.	·671 Pect.
·336 S.	·350 Ip.	·472 A. m. l.	·525 Pect.	·532 Pyr.	·535[1] A. min.	·540 Sm.	·692 O.	·868 T.	·911 R. l.	1·135[1] A. min.
·561 R. m.	1·585 A. m. l.	1·586 St.	1·624[1] A. min.	—	—	—	—	—	—	—
·421 Gl.	1·435 St.	1·449 A. m. l.	1·492 Pyr.	1·512 Ip.	1·512[1] A. min.	—	—	—	—	—
·042 O.	·050 R. m.	·052 Pyr.	·067 T.	·071 Ip.	·077 S.	·081 Q.	·105 A. m. l.	·105 A. min.	·112 Pect.	·115 Gl.
·081 R. m.	·087 R. l.	·094 Pyr.	·098 O.	·112 Q.	·115 S.	·126 Pect.	·140 Gl.	·145 T.	·154 A. min.	·161 A. m. l.
·085 Ip.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
·176 R. l.	·186 S.	·200 Pyr.	·203 O.	·279 Ip.	·329 Pect.	·332 A. min.	·339 Gl.	·346 Q.	·378 A. m. l.	·444 T.
·043 Ip.	·056 Q.	·063 Pyr.	—	—	—	—	—	—	—	—
·017 Pyr.	·059 Sm.	·150 R. l.	—	—	—	—	—	—	—	—
·151 R. l	·151 Pyr.	·153 Gl.	·199 Q.	—	—	—	—	—	—	—
·105 Gl.	·111 Pyr.	·119 R. l.	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
423 Pyr.	·424 Ip.	·455 O.	·466 R. m.	·497 S.	·517 A. min.	·539 A. m. l.	·573 T.	·573 Q.	·588 Pect.	Gl.[2]
039 St.	·056 Pyr.	·094 Sm.	·133 R. l.	·182 S.	—	—	—	—	—	—

[2] Nicht geschrieben.

Die Muskelreihenfolge und die Zeit in Secunden nach

Die Ordnung		Der gereizte Ort	Methode der Reizung	I	II	III	IV	V
1884 13. Mai	I	Innere Seite des Fusses	Ein Kniff mit der Blitzzange	0 St.	·070 R. l.	·080 B.	·122 R. m.	·161 S.
	II	„	Dauernder Reiz 55° C.	0 St.	·378 R. m.	·451 R. l.	·490 Ip.	·756 Q.
	III	„	„ 54° C.	0 St.	·280 R. m.	·336 R. l.	4·144 B.	—
	IV	„	„ 56° C.	0 St.	1·470 R. m.	1·498 R. l.	2·772 B.	3·654 Gl.
	V	„	„ 59° C.	0 St.	·700 R. m.	·833 R. l.	2·576 B.	2·870 Gl.
	VI	Aeussere Seite des Fusses	„ 55° C.	0 St.	·644 R. l.	·756 B.	1·050 R. m.	—
	VII	„	„ 55° C.	0 St.	·231 B.	·315 R. l.	·350 R. m.	—
	VIII	„	„ 55° C.	0 St.	·217 R. l.	·297 B.	·315 R. m.	—
	IX	„	„ 54° C.	0 St.	·490 B.	·525 R. l.	·840 R. m.	—
	X	Untere Seite des Fusses	„ 58° C.	0 St.	·091 B.	·200 R. l.	·203 R. m.	·221 S.
	XI	„	Gekitzelt	0 B.	·021 R. l.	·025 St.	·025 T.	·035 Sm.
	XII	„	Dauernder Reiz 60° C.	0 B.	·053 R. l.	·056 Sm.	·063 T.	·081 St.
	XIII	„	„ 59° C.	0 B.	·021 St.	·028 R. l.	·035 Sm.	·049 T.
	XIV	Hoch a. d. innern S. des Oberschenkels	„ 60° C.	0 B.	·007 R. m.	·021 S.	·084 Ip.	·175 St.
	XV	Mitte d. äussern S. d. Unterschenkels	„ 60° C.	0 B.	·063 R. l.	·063 T.	·088 St.	·112 A.m.l.
	XVI	Innere Seite des Unterschenkels	„ 60° C.	0 B.	·014 S.	·056 St.	·091 T.	·112 R. l.
1884 19. Mai	I	Zehe	Dauernder Reiz 50° C.	0 St.	·028 Ip.	·045 B.	·105 Pyr.	·119 Sm.
	II	„	„ 50° C.	0 St.	·028 B.	·035 Ip.	·077 Pyr.	·091 Sm.
	IIIa	„	„ 50° C.	0 St.	·140 B.	—	—	—
	IIIb	Fuss	Ein Kniff mit dem Zängelchen	0 B.	·028 St.	·189 Ip.	·189 S.	·210 Sm.
	IV	Innere Seite des Fusses	Dauernder Reiz 50° C.	0 St.	·007 Ip.	·021 B.	·035 Pyr.	·077 Sm.
	V	Aeussere Seite des Fusses	„ 50° C.	0 B.	·084 Ip.	·168 S.	·168 St.	·210 Sm.
	VI	„	„ 50° C.	0 B.	·196 St.	—	—	—
	VII	„	„ 50° C.	0 St.	·070 Ip.	·105 B.	·140 Pyr.	·168 S.

der Zusammenziehung des ersten Muskels (Fortsetzung).

VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII	XIV	XV	Bemerkungen
·186	·206	·206	·210	·221	·231	·242	·252	·263	—	
T.	Sm.	Ip.	A. m. l.	Pyr.	A. min.	Pect.	Gl.	Q.		
·770	·924	—	—	—	—	—	—	—	—	$3^h45'$ Pm.
Gl.	A. m. l.									$5^1/_2$ Stunde nach der Operation
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
										4^h Pm.
3·682	4·774	4·788	4·844	4·872	4·956	5·292	—	—	—	
Q.	Ip.	A. m. l.	S.	T.	Pyr.	Sm.				$4^h20'$ Pm.
2·884	2·940	2·940	2·968	2·982	3·626	—	—	—	—	
Ip.	Q.	A. m. l.	S.	Pyr.	T.					$4^h35'$ Pm.
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
										$5^h15'$ Pm.
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
										$5^h25'$ Pm.
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
										$5^h45'$ Pm.
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
										$5^h50'$ Pm.
·273	·315	·329	·336	·343	·354	·375	·378	·382	·910	
Sm.	Pyr.	A. m. l.	Ip.	Gl.	T.	Pect.	A. min.	Q.	O.	$6^h15'$ Pm.
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
·091	·098	·105	·133	·172	·224	·259	·280	·287	·301	
Pyr.	A. m. l.	R. m.	Ip.	Gl.	Q.	O.	A. min.	Pect.	S.	
·063	·063	·063	·070	·074	·140	—	—	—	—	
Pyr.	A. m. l.	R. m.	S.	Ip.	Gl.					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
R. l.										
·126	·126	·147	·161	·182	·196	·280	·280	·280	·280	
R. m.	Pyr.	Ip.	Gl.	Q.	Sm.	S.	A. min.	Pect.	O.	$7^h15'$ Pm.
·154	·200	1·022	1·071	1·078	1·092	1·120	1·134	1·176	—	
R. m.	Ip.	Sm.	A. m. l.	Pyr.	A. min.	Gl.	Q.	Pect.		$7^h25'$ Pm.
·119	·119	·119	·126	·168	·224	·224	·224	·322	·336	
A. m. l.	Q.	O.	R. l.	R. m.	Pect.	Gl.	S.	A. min.	T.	
·091	·091	·112	·133	·161	·161	·175	—	—	—	
S.	O.	Q.	A. m. l.	R. m.	Gl.	A. min.				
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
·257	·266	·280	·287	·315	·322	—	—	—	—	
Pyr.	Q.	A. m. l.	O.	Gl.	R. m.					
·084	·112	·140	·154	—	—	—	—	—	—	
A. m. l.	R. l.	Q.	O.							
1·960	1·988	1·988	2·030	2·072	2·198	2·198	2·324	2·492	3·542	
Pyr.	Q.	O.	A. m. l.	Gl.	A. min.	R. m.	T.	Pect.	R. l.	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
·168	·168	·175	·175	·210	·224	·231	·252	·266	·350	
A. m. l.	Q.	Sm.	O.	R. l.	Pect.	Gl.	R. m.	A. min.	T.	

Die Muskelreihenfolge und die Zeit in Secunden nach

Die Ordnung		Der gereizte Ort	Methode der Reizung	I	II	III	IV	V
1884. 19. Mai	VIII	Aeussere Seite des Fusses	Dauernder Reiz 50° C.	0 St.	4·144 Ip.	4·312 Pyr.	4·312 S.	4·34 B.
	IX	„	„ 50° C.	0 St.	·434 B.	·518 R. l.	·602 Ip.	·60 S.
	X	Untere Seite des Fusses	„ 50° C.	0 St.	·007 Pyr.	·063 B.	·063 Ip.	·17 S.
	XII	„	„ 50° C.	0 St.	·077 B.	—	—	—
	XIII	„	„ 50° C.	0 St.	·161 B.	·343 Ip.	·448 S.	·504 Sm.
	XIV	„	„ 50° C.	0 St.	·098 B.	·217 Ip.	—	—
	XV	Innere Seite des Fusses	„ 50° C.	0 St.	—	—	—	—
	XVI	„	„ 50° C.	0 St.	·007 Pect.	·070 B.	·021 S.	—
	XVII	Obere Seite des Fusses	„ 50° C.	0 Pect.	·070 A. min.	·112 S.	·133 T.	·143 Ip.
	XVIII	„	„ 50° C.	0 Ip.	·119 St.	·161 B.	·175 S.	—

Die Ordnung		Der gereizte Ort	Methode der Reizung	I	II	III	IV
1884. 24. Juni	I	Die Haut auf der innern Seite des Fussgelenks	Dauernder Reiz 50° C.	0 Sm.	·014 T.	·042 T. a.	·042 R. m.
	II		„ 50° C.	0 St.	0 B.	·154 Sm.	·154 T.
	III	„	„ 50° C.	0 St.	·098 B.	·140 Sm.	·140 T.
	IV	„	„ 52° C.	0 St.	·070 B.	·140 T.	·168 Sm.
	V	„	„ 55° C.	0 St.	·056 B.	·112 Sm.	·126 T.
	VI	„	„ 55° C.	0 St.	·056 B.	·098 Sm.	·154 T.
	VII	„	„ 61° C.	0 St.	·070 B.	·084 Sm.	·126 T.
	VIII	„	„ 61° C.	0 St.	·126 B.	·154 Sm.	·182 T.
	IX	„	„ 55° C.	0 St.	·084 B.	·126 Sm.	·140 T.
	X	„	„ 60° C.	0 St.	·070 B.	·070 Sm.	·126 T.
4. Juli	D	Elektroden auf dem Fuss	Ein Inductionsschlag	0 T. a.	·010 B.	·024 Sm.	—
	E	„	„	0 B.	·014 T. a.	—	—

der Zusammenziehung des ersten Muskels (Fortsetzung).

VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII	XIV	XV	Bemerkungen
4·382 A. m. l.	4·382 Q.	4·382 O.	4·396 R. m.	4·410 Gl.	4·431 T.	4·529 Pect.	4·536 A. min.	4·746 R. l.	—	
·658 Sm.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
·196 O.	·203 R. l.	·206 Sm.	·217 Q.	·224 Gl.	·245 A. m. l.	·245 R. m.	·245 T.	·252 Pect.	·287 A. min.	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
·154 Q.	·161 Sm.	·161 A. m. l.	·238 Pyr.	—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	

V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	Bemerkungen
·042 R. l.	·049 S.	·084 P.	·119 B.	·154 G.	·154 St.	E. b.	
·252 R. m.	·294 S.	·322 R. l.	·504 G.	·952 T. a.	1·092 P.	—	
·210 R. m.	·210 S.	·294 R. l.	·616 G.	·868 T. a.	·973 P.	—	
·182 R. m.	·196 S.	·280 G.	·294 R. l.	·911 T. a.	2·380 P.	—	
·140 R. m.	·182 S.	·182 R. l.	·280 G.	·560 T. a.	·952 P.	—	
·210 R. m.	·224 S.	·238 R. l.	·742 G.	·938 T. a.	·938 P.	—	
·168 R. m.	·196 S.	·196 R. l.	·322 G.	·392 T. a.	·798 P.	—	
·196 R. m.	·238 S.	·280 R. l.	— G. (?)	·882 T. a	2·758 P.	—	
·224 R. m.	·252 S.	·280 R. l.	·504 G.	·798 T. a.	(?) P.	—	
·140 R. m.	·182 S.	·182 R. l.	·490 G.	·882 T. a.	(?) P.	—	
—	—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	

Die Muskelreihenfolge und die Zeit in Secunden nach

Die Ordnung		Der gereizte Ort	Methode der Reizung	I	II	III	IV
1884. 4. Juli	F	Elektroden auf dem Fuss	Eine Mehrzahl von Inductionsströmen	0 T. a.	·007 B.	·014 G.	·018 E. B.
	G	„		0 T. a.	·014 B.	·025 G.	·028 Sm.
	H I	„	Ein Inductionschlag	0 T. a.	·011 P.	·014 E. B.	—
	I	Innere Seite des Fussgelenks	Ein Strich mit einem Pinsel	0 B.	·010 T. a.	·011 Sm.	—
	II	„	Reibung mit dem Zängelchen	0 B.	·014 Sm.	·028 T. a.	—
	III	„	Ein kleiner Kniff	0 B.	0 T. a.	·014 T.	·017 Sm.
	IV	„	Ein starker Kniff	0 B.	·014 Sm.	·035 T. a.	·056 R. L.
	V	„		0 B.	·112 T. a.	·322 Sm.	—
	2.	„	Dauernder Reiz 48° C.	— B.	— T. a.	— Sm.	·742 K. L.
	3.	„		— B.	— T. a.	— Sm.	— K. L.
	4.	„		— B.	— T. a.	— Sm.	— K. L.
	VI	„	„ 55° C.	0 B.	·098 T. a.	·196 Sm.	·392 P.
	VII	„	„ 59° C.	0 B.	·294 Sm.	·364 T. a.	·406 P.
	VIII 1.	Untere Seite des Fusses	„ 48° C.	0 B.	·224 T. a.	·392 Sm.	—
	2.	„		— B.	— T. a.	— Sm.	1.764 P.
	IX	„	„ 56° C.	0 B.	·028 Sm.	·063 T. a.	·280 P.
	X	Hoch a. d. äussern Seite des Unterschenkels	„ 48° C.	0 T. a.	·028 B.	—	—
	XI		„ 58° C.	0 B.	·126 T. a.	·322 Sm.	·616 P.
	XII	Hoch a. d. Rücken d. Oberschenkels	„ 48° C.	0 B.	·252 T. a.	—	—
	XIII	Die Mitte des Rückens d. Oberschenkels	„ 60° C.	0 B.	0 T.	·049 T. a.	—
	2.			— B. —	— T. —	— T. a. —	3.262 P.
8. Juli	I a	Innere Seite des Fussgelenks	Ein Strich mit einem Pinsel.	St.	B.	S.	—
	I b	„	„	St.	B.	—	—

der Zusammenziehung des ersten Muskels (Fortsetzung).

V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	Bemerkungen
·021 Sm.	·028 P.	·035 R. l.	·035 T.	·035 S.	·039 R. M.	·067 St.	
·042 T.	·053 R. l.	·056 P.	·056 S.	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	
·021 P.	—	—	—	—	—	—	
·098 T.	·098 S.	·140 R. m.	·168 P.	·224 St.	·350 G.	—	
—	—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	
1·848 P.	—	—	—	—	—	—	Mit jedem folgenden Anfalle kamen ausser den früheren neue Muskeln in die Reflexreihe.
— P.	3·206 S.	3·262 T.	3·371 R. m.	3·584 St.	—	—	
·448 S.	·546 T.	·553 R. m.	·798 R. L.	·854 St.	1·652 G.	—	Die Anfälle waren geschrieben.
·420 R. l.	·756 S.	·966 T.	1·190 R. m.	1·750 St.	2·422 G.	—	Die Anfälle waren geschrieben.
—	—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	
·294 R. l.	·350 S.	·420 T.	·420 R. m.	·490 St.	·826 G.	—	
—	—	—	—	—	—	—	Die Contraction kam erst nach mehreren Secunden.
·637 T.	·644 S.	—	—	—	—	—	Die Contraction kam schneller.
—	—	—	—	—	—	—	Die Contraction kam langsamer.
—	—	—	—	—	—	—	
3·304 Sm.	3·458 R. l.	3·500 S.	3·618 R. m.	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	

Die Muskelreihenfolge und die Zeit in Secunden nach

Die Ordnung		Der gereizte Ort	Methode der Reizung	I	II	III	IV
1884. 8. Juli	Ic	Innere Seite des Fussgelenks	Ein Kniff mit dem Zängelchen	St.	B.	S.	R. m.
	Id	„	Reibung mit dem Zängelchen	St.	B.	S.	T. a.
	Ie	„	Ein Strich mit einem Pinsel	St.	B.	T. a.	—
	II	„	Ein Kniff mit dem Zängelchen	0 B.	·049 St.	·126 Sm.	·161 S.
	III	„	Reibung mit dem Zängelchen	0 T. a.	·014 P.	·056 B.	—
	IV	Elektrode auf dem Fuss	Inductionsstrom	0 B.	·280 S.	·567 St.	·574 R. m.
	Va	„	Inductionsstrom 3 Schläge	—	—	—	—
	Vb	„	„	—	—	—	—
10. Juli	Ia	Aeussere Seite des Fussgelenks	Ein Strich mit einem Pinsel	St.	T. a.	—	—
	Ib	„	„	0 St.	·196 T. a.	—	—
	II	„	Reibung mit dem Zängelchen	0 St.	·042 T. a.	·084 B.	·210 P.
	III	„	Ein Kniff mit dem Zängelchen	0 B.	·014 St.	·014 T. a.	·210 P.
	IVa	Zehe	„	T. a.	—	—	—
	IVb	„	„	0 St.	·021 T. a.	—	—
	IVc	Haut der Zehe	Ein kleiner Kniff	0 St.	·091 T. a.	—	—
	IVd	„	Ein starker Kniff	0 B.	·021 St.	·238 T. a.	·322 P.
	V 1	Rücken des Fussgelenks	Dauernder Reiz 48° C.	0 St.	·028 T. a.	—	—
	V 2	„		0 T. a.	·014 P.	·028 Sm.	—
	VI	„	„ 58° C.	0 T. a.	·014 B.	·021 St.	·140 P.
	VII 1	„	„ 66° C.	0 T. a.	·028 St.	—	—
	VII 2	„		0 T. a.	0 P.	·042 St.	·042 B.
	VIII	Hoch a. d. äuss. S. d. Unterschenkels	„ 48° C.	0 T. a.	·084 St.	—	—
	IX	Niedrig auf der Seite des Bauches	„ 55° C.	0 T.	—	—	—

der Zusammenziehung des ersten Muskels (Fortsetzung).

V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	Bemerkungen
T. a.	Sm.	T.	P.	R. l.	G.	E. b.	
R. m.	Sm.	T.	R. l.	P.			
—	—	—	—	—	—	—	
·165 R. l.	·173 P.	·287 T. a.	·301 R. m.	·385 T.	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	
·714 R. l.	·868 Sm.	1·827 T. a.	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	Jeder Muskel contrahirt sich mit jedem Schlag. Die Zeitunterschiede waren sehr klein.
—	—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	
·217 Sm.	·280 S.	·280 T.	·280 R. m.	·280 R. l.	·280 E. b.	—	
—	—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	

Die Muskelreihenfolge und die Zeit in Secunden nach

Die Ordnung		Der gereizte Ort	Methode der Reizung	I	II	III	VI
1884. 18. Juli	I	Aeussere Seite des Fussgelenks	Ein Strich mit einem Pinsel	T.	—	—	—
	II	„	Ein kleiner Kniff	0 T.	0 T. a.	·049 B.	—
	III	„	Ein starker Kniff	0 St.	·028 B.	·070 S.	·070 R. m.
	IV	Fuss	Ein Strich mit einem Pinsel	St.	—	—	—
	V	Aeussere Seite des Unterschenkels	Ein kleiner Kniff	0 St.	·001 B.	·001 Sm.	·003 G.
	VI	Rücken des Fussgelenks	Dauernder Reiz 48·5° C	0 St.	·056 B.	·126 S.	·147 Sm.
	VII	„	„ 48·5° C.	0 St.	·210 B.	·476 T. a.	·658 Sm.
	VIII	Zehe	Ein Kniff mit dem Zängelchen	0 St.	0 S.	·002 B.	·006 R. m.
	IX	Aeussere Seite des Unterschenkels	„	0 T.	·011 T. a.	·015 B.	·016 St.
	X	„	Dauernder Reiz 48° C.	0 St.	1·120 T. a.	—	—
	2.	„		0 St.	·014 B.	·021 Sm.	·098 T. a.

Nach der Vergiftung desselben

	XI	Rücken des Unterschenkels	Dauernder Reiz 52° C.	0 St.	·077 B.	·140 R. l.	·147 R. m.
	XII	Unterschenkel	Ein Strich mit einem Pinsel	0 St.	·014 R. m.	·016 B.	·042 S.
	XIII a	Rücken des Unterschenkels	Reibung mit dem Zängelchen	0 T. a.	·002 T.	·007 B.	·009 St.
	XIII b	„	Ein Kniff mit dem Zängelchen	0 B.	·011 St.	·013 R. m.	·020 Sm.
	XIV a	Innere Seite des Fussgelenks	Ein kleiner Kniff	0 T.	·007 T. a.	·014 St.	·014 B.
	XIV b	„	Ein starker Kniff	0 B.	·042 Sm.	·053 G.	·056 T. a.
19. Juli	Ia	Rücken des Fussgelenks	Reibung mit dem Zängelchen	0 St.	·203 T. a.	·224 R. m.	·227 Sm.
	Ib	„	„	0 T. a.	·025 Sm.	·027 St.	·035 R. m.

Nach der Vergiftung desselben

	Ia	Rücken des Fussgelenks	Ein kleiner Kniff	0 St.	0 B.	·010 P.	·014 Sm.
	Ib	Eine freiwillige Zusammenziehung		0 B.	0 P.	·003 T.	·003 S.

der Zusammenziehung des ersten Muskels (Fortsetzung).

V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	Bemerkungen
—	—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	
·098 R. l.	·140 T.	·231 T. a.	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	
·004 R. l.	—	—	—	—	—	—	
·217 R. m.	·266 R. l.	·756 T. a.	3·948 T.	—	—	—	T. contrahirt sich erst mit 2. oder 3. Anfall.
·812 R. m.	·924 S.	4·536 T.	5·964 P.	—	—	—	T. u. P. contrahiren sich erst mit einem wiederholten Anfall.
·016 R. l.	·019 Sm.	·025 T.	·170 P.	—	—	—	
·018 S.	·022 R. m.	·033 Sm.	·035 R. l.	·186 P.	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	
·168 P.	·168 S.	·172 R. m.	—	—	—	—	Der 2. Anfall kam 8·43 Secunden nach dem ersten.

Frosches mit Strychnin.

·175 S.	·182 Sm.	·189 T. a.	·224 P.	·266 T.	—	—	Mehrere Anfälle.
·084 T. a.	—	—	—	—	—	—	
·011 R. m.	·013 R. l.	·016 Sm.	·022 P.	·033 S.	—	—	
·021 S.	·031 R. l.	·052 T. a.	·055 P.	·056 T.	·165 E. b.	·165 G.	
·014 R. l.	·016 R. m.	·017 Sm.	·030 S.	·031 P.	·031 G.	—	
·060 T.	·063 R. l.	·063 R. m.	·066 P.	·070 S.	—	—	
·231 B.	—	—	—	—	—	—	
·189 B.	—	—	—	—	—	—	

Frosches mit Strychnin.

·028 S.	·056 T.	·091 E. b.	·115 R. m.	·126 R. l.	·133 G.	·147 T. a.
·003 R. m.	·003 St.	·003 Sm.	·003 E. b.	·005 T. a.	·008 G.	·009 R. l.

Die Muskelreihenfolge und die Zeit in Secunden nach

Die Ordnung		Der gereizte Ort	Methode der Reizung	I	II	III	IV
1884. 19. Juli	II	Der Unterschenkel	Eine Berührung mit einem Pinsel	0 P.	·001 T. a.	·004 E. b.	·004 Sm.
	III	„	„	0 B.	·013 P.	·014 T. a.	·017 St.
	IV	Alle Muskeln nehmen Theil an mehreren aufeinander folgenden, kurz					
	V	Rücken des Fussgelenks	Ein Kniff	0 B.	0 St.	·007 T. a.	·007 P.
	VI	Der Unterschenkel	Eine Berührung mit einem Pinsel	0 B.	0 T. a.	0 P.	0 T.
	VII a	„		0 E. b.	·014 B.	·015 T. a.	·025 P.
	VII b 2.	„	Dauernder Reiz 48° C.	0 E. b.	·014 B.	·021 T. a	·022 St.
	VII c 3.	„		0 E. b.	·005 B.	·013 T. a.	·017 St.
	VIII 1.	Rücken des Fussgelenks		0 St.	·004 T. a.	·008 E. b.	·011 B.
	VIII 2.	„		0 T. a.	·003 B.	·017 S.	·028 St.
	VIII 3.	„	„ 48° C.	0 St.	·015 T. a.	·015 E. b.	·024 B.
	VIII 4.	„		0 T. a.	·005 St.	·015 T.	·021 P.
	IX 1.	„		0 B.	0 T. a.	·003 St.	·010 E. b.
	IX 2.	„		0 St.	·011 B.	·022 T. a.	·025 E. b.
	IX 3.	„		0 St.	·011 B.	·011 T. a.	·025 T.
	IX 4.	„	„ 48° C.	0 St.	·013 B.	·013 T. a.	·027 E. b.
	IX 5.	„		0 St.	·014 T. a.	·021 B.	·021 E. b.
	IX 6.	„		0 St.	·001 T. a.	·004 E. b.	·008 B.
	X 1.	Rücken des Unterschenkels		0 T. a.	·004 St.	·014 B.	·031 E. b.
	X 2.	„	„ 47° C.	0 St.	0 T. a.	·013 B.	·017 T.
	XI 1.	„		0 T. a.	·007 St.	·019 B.	·025 E. b.
	XI 2.	„		0 St.	·049 T. a.	·051 B.	·061 E. b.
	XI 3.	„	„ 49° C.	0 St.	·008 T. a.	·031 B.	·042 E. b.
	XII 1.	„		0 St.	0 B.	·003 T. a.	·007 P.
	XII 2.	„	„ 55° C.	0 St.	0 E. b.	·005 B.	·007 T. a.
	XII 3.	„		0 St.	·004 T. a.	·017 B.	·028 E. b.

der Zusammenziehung des ersten Muskels (Fortsetzung).

V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	Bemerkungen
·004	·004	·004	·008	·010	·011	·018	
St.	S.	T.	R. m.	R. l.	G.	B.	
·017	·025	·027	·028	·042	·044	·049	
R. l.	E. b.	Sm.	G.	T.	R. m.	S.	
dauernden Tetani, veranlasst von Zerrung an den Muskelfäden.							
·008	·008	·014	·014	·014	·017	·031	
E. b.	Sm.	R. l.	G.	T.	R. m.	S.	
·003	·004	·005	·005	·007	·007	·010	
Sm.	G.	R. m.	S.	E. b.	R. l.	St.	
·028	·028	·030	·030	·032	·042	·042	
St.	T.	Sm.	S.	R. m.	R. l.	G.	
·028	·033	·038	·039	·047	—	—	
P.	T.	S.	Sm.	R. m.			
·027	·027	·029	·043	·044	—	—	
P.	T.	S.	Sm.	R. m.			
·013	·014	·019	·022	·027	·028	·028	
P.	T.	S.	Sm.	R. m.	R. l.	G.	
·042	·077	·231(?)	—	—	—	—	
T.	P.	Sm.					
·027	·047	·055	·103	·111	·111	·131	
T.	S.	P.	Sm.	R. m.	R. l.	G.	
·022	·029	—	—	—	—	—	
B.	S.						
·021	·021	·027	·035	·038	·046	—	
P.	T.	Sm.	S.	R. m.	G.		13 Anfälle waren von diesem Reiz hervorgerufen.
·025	·039	·049	—	—	—	—	
T.	P.	S.					
·039	·039	·067	—	—	—	—	
P.	S.	E. b.					Die Intervalle, zuerst von ungefähr gleicher Länge, nachher allmählich sich verlängernd.
·028	·039	·045	—	—	—	—	
P.	T.	S.					
·035	·053	·057	—	—	—	—	
T.	S.	P.					
·022	·035	·036	—	—	—	—	
T.	P.	S.					
·031	—	—	—	—	—	—	
T.							Nur 2 Anfälle
·019	·029	·038	·039	·042	—	—	
P.	E. b.	G.	Sm.	R. m.			
·025	·028	·036	·041	·049	·052	—	
P.	T.	Sm.	R. m.	S.	G.		5 Anfälle.
·095	·098	—	—	—	—	—	
T.	P.						
·103	—	—	—	—	—	—	
P.							
·009	·017	·019	·025	—	—	—	
E. b.	T.	Sm.	R. m.				8 Anfälle.
·038	—	—	—	—	—	—	
P.							
—	—	—	—	—	—	—	

Die Muskelreihenfolge und die Zeit in Secunden nach

Die Ordnung		Der gereizte Ort	Methode der Reizung	I	II	III	IV
1884. 19. Juli	XIII	Fuss	Ein Strich mit einem Pinsel	0 T. a.	·004 B.	·004 P.	·004 T.
	XIV 1	Aussere Seite des Fussgelenks	Ein kleiner Kniff	0 St.	·007 T. a.	·011 P.	·017 T.
	2	„	„	0 T. a.	·007 T.	·013 P.	·017 Sm.
	3	„	„	0 T. a.	·008 T.	·010 P.	·014 B.
	4	„	„	0 P.	·003 T.	·005 T. a.	·007 E. b.
	5	„	„	0 P.	0 T.	·005 E. b.	·007 Sm.
	6	„	„	0 T.	·005 P.	·007 St.	·008 Sm.
	7	„	„	0 T.	·001 St.	·005 P.	·010 Sm.
		„	„	—	—	—	—
22. Juli	I	Unterschenkel	Ein Strich mit einem Pinsel	0 St.	—	—	—
	II 1	Innere Seite des Fussgelenks	Dauernder Reiz 48° C.	0 St.	·028 B.	—	—
	2	Innere Seite des Fussgelenks	„	0 St.	·098 B.	·224 R. m.	·241 R. l.
	III	Innere Seite des Fussgelenks	„	0 St.	·140 B.	—	—
	IV a	Innere Seite des Fussgelenks	„ 58° C.	0 St.	0 B.	·154 R. m.	—
	IV b	Innere Seite des Fussgelenks	„	0 St.	0 B.	·175 T. a.	·196 P.
	IV c	Innere Seite des Fussgelenks	„	0 B.	·158 St.	·207 Sm.	·218 R. m.
	IV d	Innere Seite des Fussgelenks	„	0 B.	·105 St.	·114 R. m.	·217 Sm.

Nach der Vergiftung desselben

I a	Unterschenkel	Ein Strich mit einem Pinsel	St.	B.	T. a.	R. m.
I b	„	„	St.	B.	T. a.	R. m.
I c	„	„	St.	B.	T. a.	R. m.
II a	Fuss	„	0 R. m.	·011 St.	·014 S.	·019 B.

der Zusammenziehung des ersten Muskels (Fortsetzung).

V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	Bemerkungen
·010 St.	·011 E. b.	·011 Sm.	·015 R. m.	·018 G.	·021 R. l.	·021 S.	
·021 Sm.	·021 E. b.	·027 B.	·033 G.	·036 R. m.	·038 S.	·045 R. l.	
·028 B.	·028 St.	·029 G.	·029 R. m.	·032 S.	—	—	
·014 St.	·014 E. b.	·017 Sm.	·022 G.	·024 R. m.	·029 S.	·032 R. l.	
·008 Sm.	·011 B.	·011 St.	·011 R. l.	·014 G.	·017 R. m.	·025 S.	Eine Reihe von schnell aufeinanderfolgenden kleinen Kniffen.
·011 T. a.	·011 G.	·014 R. m.	·017 St.	·017 R. l.	·018 B.	·021 S.	
·010 T. a.	·013 Rm.	·017 G.	·019 B.	·024 E. b.	·024 R. l.	·028 S.	
·015 E. b.	·017 Rm.	·019 B.	·024 G.	·025 R. l.	·027 T. a.	·042 S.	
—	—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	Die Berührung mit einem Pinsel ruft keine Zusammenziehung hervor.
—	—	—	—	—	—	—	
·245 S.	—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	
·204 Sm.	·244 R. m.	·266 S.	·266 R. l.	—	—	—	
·262 S.	·368 R. l.	·424 T. a.	·536 P.	—	—	—	
·245 S.	·301 R. l.	·462 T. a.	·483 P.	—	—	—	

Frosches mit Strychnin.

Sm.	S.	P.	R. l.	—	—	—	Zehn Minuten nach der Strychninvergiftung waren diese Curven geschrieben. Die genaue Reihenfolge ist nicht bekannt.
Sm.	S.	P.	R. l.	G.	T.	E. b.	
Sm.	S.	P.	R. l.	G.	T.	—	
·031 Sm.	·033 T.	·046 T. a.	·063 P.	·077 R. l.	·105 G.	·161 E. b.	20 Minuten nach der Vergiftung.

Die Muskelreihenfolge und die Zeit in Secunden nach

Die Ordnung		Der gereizte Ort	Methode der Reizung	I	II	III	IV
22. Juli	II b	Fuss	Ein Strich mit einem Pinsel	0 St.	0 R. m.	·007 S.	·017 Sm.
	III a	„	Eine Berührung mit einem Pinsel	0 St.	0 B.	0 R. m.	·003 G.
	III b	„	Ein Strich mit einem Pinsel	0 St.	·002 E. b.	·003 B.	·004 R. m.
	IV	Innere Seite des Fussgelenks	Dauernder Reiz 49° C.	0 St.	·005 B.	·021 R. m.	·036 S.
	V a	„	„ 61° C.	0 B.	·005 St.	·063 R. m.	·086 S.
	V b	„		0 B.	·005 St.	·081 R. m.	·094 Sm.
	V c	„		0 T.	·021 R. m.	·024 B.	·027 Sm.
	V d	„		0 St.	·018 B.	·022 R. m.	·053 T.
	VI	„	Der Tisch ist mit der Hand geschüttelt. — Eine stark				
	VII	Zehe	Ein Kniff mit der Blitzzange	0 G.	0 R. m.	·004 St.	·007 B.
	VIII 1.	Innere Seite des Unterschenkels	Dauernder Reiz 52° C.	0 St.	·011 B.	·049 R. m.	·074 T. a.
	VIII 2.	„	„	0 B.	·003 T.	·003 R. m.	·006 Sm.
	IX	Zehe	Ein Kniff mit der Blitzzange	0 G.	·004 B.	·005 P.	·005 R. m.
	X	„	„	0 G.	·004 B.	·006 P.	·007 R. m.
	XI	Unterschenkel	Strich mit einem Pinsel	0 G.	·004 T. a.	·010 B.	·010 St.
	XII	Mitte d. innern S. d. Unterschenkels	Dauernder Reiz 52° C.	0 B.	·003 St.	·007 R. m.	·024 S.
	XIII a	„	„ 56° C.	0 B.	·019 St.	·031 S.	·044 R. m.
	XIII b	„		0 B.	·038 St.	·063 R. m.	·067 T. a.
	XIII c	„		0 B.	·070 St.	·140 T. a.	·140 Sm.
	XIII d	„		0 B.	·077 St.	·150 Sm.	·175 T. a.
23. Juli	I	Fuss	Ein Kniff mit dem Zängelchen	0 B.	·021 T. a.	·027 St.	·035 Sm.
	II	„	„	0 B.	·014 T. a.	·014 St.	·058 P.
	III a	Rücken des Fussgelenks	Dauernder Reiz 48° C.	0 T. a.	·028 B.	·042 St.	—
	III b	„	„	0 T. a.	·001 T.	·034 P.	·035 B.

der Zusammenziehung des ersten Muskels (Fortsetzung).

V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	Bemerkungen
·021 T.	·046 T. a.	·077 P.	·077 R. l.	·084 G.	·133 B.	—	
·003 S.	·010 Sm.	·010 T.	·010 R. l.	·015 T. a.	·017 P.	·028 E. b.	25 Minuten nach der Vergiftung.
·008 G.	·010 S.	·015 T.	·019 Sm.	·022 T. a.	·022 R. l.	·029 P.	Jedes Mal ziehen sich die Muskeln stark zusammen.
·056 Sm.	·069 T. a.	·077 P.	·080 G.	·081 R. l.	·091 T.	·115 E. b.	Die Anwendung von 47°C. rief keine Reflexbewegung hervor. Die geschriebene Contraction kam erst nach 45 Secunden, und war von kein Paroxysmus gefolgt. 55 Min. n. d. Vergiftung.
·097 Sm.	·100 T. a.	·119 P.	·119 T.	·128 R. l.	·134 G.	·196 E. b.	
·106 T. a.	·108 S.	·153 T.	·154 P.	·212 R. l.	·282 G.	—	
·029 T. a.	·036 P.	·043 S.	·045 St.	·047 R. l.	·081 E. b.	·083 G.	
·053 Sm.	·057 G.	·060 T. a.	·071 S.	·123 R. l.	·158 P.	—	
Zusammenziehung aller Muskeln folgte.							
·007 Sm.	·007 P.	·007 R. l.	·011 T.	·014 S.	·014 T. a.	·022 E. b.	
·074 Sm.	·077 S.	·092 P.	·102 R. l.	·161 G.	·162 T.	·209 E. b.	Die erste Contraction kam 6 oder 7 Secunden nach dem Reiz. Die zweite folgte der ersten nach 4.080 Secunden.
·008 T. a.	·010 St.	·013 P.	·019 S.	·024 R. l.	·095 G.	·108 E. b.	
·010 Sm.	·013 St.	·013 T.	·015 T. a.	·015 E. b.	·017 S.	·017 R. l.	
·007 Sm.	·010 R. l.	·014 St.	·014 T. a.	·014 E. b.	·016 S.	·016 T.	
·010 R. m.	·016 P.	·021 Sm.	·024 T.	·024 S.	·053 E. b.	·053 R. l.	
·049 Sm.	·056 T. a.	·063 P.	·063 R. l.	—	—	—	Die Contraction erst nach 25 Secunden.
·047 Sm.	·056 T. a.	·089 R. l.	·095 P.	—	—	—	Die Contraction erst nach 20 Secunden.
·069 Sm.	·080 P.	·084 S.	·098 R. l.	·161 T.	·238 G.	·240 E. b.	3.976 Secunden nach a fing b an.
·154 R. m.	·154 S.	·200 P.	·226 R. l.	·266 T.	—	—	2.394 Secunden nach b fing c an.
·196 S.	·200 R. m.	·220 P.	·287 R. l.	—	—	—	2.968 Secunden nach c fing d an.
·038 R. l.	·044 T.	·057 P.	·060 R. m.	—	—	—	Dieser Frosch, welcher gestern mit Strychnin vergiftet war, scheint heute in normalem Zustand zu sein.
·081 Sm.	·106 T.	·109 R. l.	·210 R. m.	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	
·069 Sm.	·069 St.	·084 R. l.	—	—	—	—	

Die Muskelreihenfolge und die Zeit in Secunden nach

Die Ordnung		Der gereizte Ort	Methode der Reizung	I	II	III	IV
1884. 23. Juli	III c	Rücken des Fussgelenks	Dauernder Reiz 48° C.	0 T.	·010 T. a.	·025 P.	·056 B.
	III d	„	„	0 T. a.	·005 T.	·029 P.	·030 B.
	IV	„	„ 60° C.	0 T.	·014 T. a.	·045 B.	·049 St.
	V a	„	„	0 T. a.	·004 T.	·021 B.	·039 St.
	V b	„	„	0 T.	·004 P.	·007 T. a.	·047 B.
	VI	Rücken des Unterschenkels	„	0 T. a.	·133 T.	·176 B.	·183 St.
				Nach der Vergiftung desselben			
	I a	Rücken des Fusses	Ein Kniff mit dem Zängelchen	0 G.	·007 R. l.	·013 Sm.	·015 T.
	I b	„	„	0 T.	·007 G.	·011 Sm.	·013 R. l.
	II	Hoch am Unterschenkel	„	0 G.	·046 T. a.	·046 B.	·046 P.
	III	Zehe	„	0 G.	·005 B.	·016 T. a	·016 T.
	IV a	Nase	Ein Schlag mit dem Zängelchen	0 G.	0 T.	0 B.	·003 P.
	IV b	Der rechte Arm	Ein Kniff mit dem Zängelchen	0 St.	·004 E. b.	·007 G.	·008 T.
	IV c	Der linke Arm	„	0 B.	0 St.	·003 G.	·005 E. b.
	V	Ein Finger der rechten Hand	Ein Kniff mit der Blitzzange	0 T.	·001 G.	·004 E. b.	·004 Sm.
	VI	„	„	0 G.	0 T.	0 E. b.	0 R. l.
	VII	Ein Finger der linken Hand	„	0 St.	·003 P.	·004 T.	·004 R. l.
	VIII 1.	Mitte d. hintern S. d. Unterschenkels		0 B.	·003 T.	·007 R. l.	·013 R. m.
	VIII 2.	„		0 T.	·014 E. b.	·025 B.	·042 R. l.
	VIII 3.	„	Dauernder Reiz 49° C.	0 T.	·014 Sm.	·042 B.	·056 R. m.
	VIII 5.	„		0 T.	·028 E. b.	·030 Sm.	·035 R. l.
	VIII 7.	„		0 T.	·018 E. b.	·043 Sm.	·045 G.
	IX 1.	Mitte d. hintern S. d. Unterschenkels		0 T.	·004 B.	·004 R. l.	·011 Sm.
	IX 2.	„	„ 59° C.	0 E. b.	·072 R. m.	·077 T.	·084 R. l.
	X	„	„ 59° C.	0 R. m.	·042 B.	·084 P.	·084 T.

der Zusammenziehung des ersten Muskels (Fortsetzung).

V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	Bemerkungen
·084 Sm.	·089 R. l.	·109 St.	—	—	—	—	
·042 R. l.	·063 Sm.	·084 St.	—	—	—	—	
·294 P.	·336 R. l.	·347 Sm.	·586 R. m.	·630 S.	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	
·058 R. l.	·060 Sm.	·077 St.	—	—	—	—	
·393 Sm.	·445 R. l.	·554 R. m.	·603 P.	·603 S.	·851 E. b.	—	
Frosches mit Strychnin.							
·015 R. m.	·028 St.	·028 E. b.	·045 P.	·196 B.	·204 T. a.	—	
·014 E. b.	·025 B.	·025 P.	·025 R. m.	·025 St.	·043 T. a.	—	b kam ·630 Sec. nach a.
·046 Sm.	·048 T.	·048 R. l.	·049 E. b.	·049 R. m.	·058 St.	·100 S.	
·024 St.	·032 P.	·033 Sm.	·038 R. l.	·043 R. m.	·058 E. b.	·069 S.	
·003 Sm.	·003 St.	·004 E. b.	·005 R. l.	·007 R. m.	·014 T. a.	·028 S.	
·010 B.	·013 Sm.	·014 P.	·014 R. l.	·015 R. m.	·018 T. a.	·035 S.	
·005 P.	·005 R. l.	·007 Sm.	·010 R. m.	·011 T. a.	·021 T.	·028 S.	
·004 R. l.	·007 P.	·008 B.	·008 R. m.	·011 St.	·022 T. a.	·032 S.	
·001 B.	·003 P.	·003 Sm.	·004 R. m.	·005 St.	·015 T. a.	·028 S.	
·005 E. b.	·005 Sm.	·005 G.	·007 B.	·007 R. m.	·025 S.	·029 T. a.	
·014 Sm.	·030 St.	—	—	—	—	—	
·061 Sm.	·067 R. m.	·067 St.	—	—	—	—	
·064 R. l.	·084 St.	—	—	—	—	—	
·038 G.	·042 P.	·046 T. a.	·046 B.	·046 R. m.	·046 St.	—	4. und 6. Anfall waren auch geschrieben.
·052 R. l.	·057 P.	·059 T. a.	·063 B.	·063 R. m.	·063 St.	—	
·015 R. m.	·032 St.	—	—	—	—	—	
·094 B.	·126 St.	·140 Sm.	·266 P.	·266 G.	·269 T. a.	—	
·084 R. l.	·112 St.	—	—	—	—	—	

Die Muskelreihenfolge und die Zeit in Secunden nach

Die Ordnung		Der gereizte Ort	Methode der Reizung	I	II	III	IV
1884 23. Juli	X 2.	Mitte d. hintern S. d. Unterschenkels	Dauernder Reiz 59° C.	0 B.	·007 T.	·089 P.	·091 R. l.
	XI	Rücken des Unterschenkels	„ 60° C.	0 B.	·273 Sm.	·280 St.	·301 R. l.
	XII	„	Ein Kniff mit der Blitzzange	0 G.	·021 B.	·021 E. b.	·021 T.
	XIII 1.	„	Dauernder Reiz 60° C.	0 B.	·015 R. m.	·019 E. b.	·019 G.
	XIII 2.	„	„ 60° C.	0 T.	·010 R. l.	·011 R. m.	·019 Sm.
31. Juli	I	Fuss	Ein Kniff mit der Blitzzange	0 St.	·032 B.	—	—
	II	Innere Seite des Fussgelenks	Dauernder Reiz 48·5° C.	0 St.	·203 T. a.	·214 P.	·224 B.
	III	Rücken des Fussgelenks	„ 48° C.	0 St.	—	—	—
	IV	„	„ 48° C.	St.	—	—	—
	V a	Zehe	Ein Kniff mit der Blitzzange	St.	—	—	—
	V b	„	„	St.	—	—	—
	VI	Rücken des Fussgelenks	Dauernder Reiz 57° C.	0 St.	5·264 B.	—	—
	VII a	Finger der rechten Hand	Ein Kniff mit der Blitzzange	0 R. m.	0 S.	·001 T.	·025 B.
	VII b	„	„	0 R. m.	0 S.	·007 T.	·021 St.

Nach der Vergiftung desselben

	VIII	Finger der rechten Hand	Ein Kniff mit der Blitzzange	0 T.	·007 R. m.	·008 S.	·011 B.
	IX	„	„	0 T.	0 R. m.	0 S.	0 E. b.
	X	Unterschenkel	Berührung mit einem Stückchen Papier	0 G.	·011 St.	·018 E. b.	·018 Sm.
	X ½	„	„	—	—	—	—
	XI	Zehe	Ein Kniff mit der Blitzzange	0 G.	·017 E. b.	·021 T.	·021 B.
	XII	Rücken des Fussgelenks	Ein Druckreiz	0 G.	·004 E. b.	·013 T.	·014 P.
	XIII	Rücken des Unterschenkels	Dauernder Reiz 55° C.	0 G.	·229 T.	·237 B.	·238 E. b.
	XIV	„	Ein Druckreiz	0 E. b.	·003 G.	·015 T.	·017 R. m.

der Zusammenziehung des ersten Muskels (Fortsetzung).

V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	Bemerkungen
·105 R. m.	·112 St.	—	—	—	—	—	
·308 R. m.	·315 T.	1·022 E. b.	1·029 G.	1·036 P.	—	—	
·022 Sm.	·024 R. m.	·027 R. l.	·028 St.	—	—	—	
·028 Sm.	·028 R. l.	·028 St.	·029 T.	—	—	—	
·024 E. b.	·031 B.	·031 G.	·031 St.	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	Der Frosch ist wenig reizbar.
—	—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	4 Anfälle — B. contrahirt erst mit dem letzten.
·028 Sm.	—	—	—	—	—	—	
·024 B.	·025 Sm.	·027 R. l.	—	—	—	—	

Frosches mit Strychnin.

·011 Sm.	·011 R. l.	·011 E. b.	·014 St.	·014 G.	—	—	
·001 St.	·003 B.	·003 R. l.	·003 G.	·010 Sm.	·010 P.	·024 T. a.	
·018 R. l.	·021 T.	·021 P.	·027 B.	·032 T. a.	·033 R. m.	·035 S.	
—	—	—	—	—	—	—	
·021 St.	·021 R. l.	·024 Sm.	·029 P.	·035 R. m.	·039 T. a.	·042 S.	Der Reiz ist durch die Wegnahme d. Temperaturapparats veranlasst; 60° C. war ohne Erfolg gebraucht.
·019 Sm.	·021 R. l.	·027 R. m.	·028 B.	·035 S.	·035 St.	·062 T. a.	
·252 R. l.	·252 R. m.	·255 St.	·256 S.	·259 Sm.	—	—	Der Reiz ist durch die Wegnahme d. Temperaturapparats veranlasst; 53° C. war ohne Erfolg gebraucht.
·029 S.	·031 B.	·031 Sm.	·031 St.	·031 R. l.	—	—	

Studien über den Elektrotonus.

Von

Prof. Ernst v. Fleischl,
Assistenten am Wiener physiologischen Institute.

I. Theil.

§ 1. Einleitung. — Technisches und Methodisches über das Capillar-Elektrometer.

Die Versuche, welche die Grundlage der folgenden Darstellung bilden, sind in der Ueberzeugung unternommen worden, dass die Verwendung und die Werthschätzung, welche das Capillar-Elektrometer bisher in der Physiologie gefunden hat, immerhin noch eine, der wahren Bedeutung dieses schönen Instrumentes nicht ganz entsprechende ist, und dass einige seiner Vorzüge, durch die dasselbe gerade für die Fragen unserer Wissenschaft von grosser Wichtigkeit werden kann, nicht genügend gewürdigt sind. Es scheint fast, als hätte nur die grosse Geschwindigkeit, mit welcher die Bewegung des Quecksilber-Meniscus die Bewegung der Elektricität abbildet, die Aufmerksamkeit der Physiologen erregt — wenigstens möchte man aus der hauptsächlichen Verwendung dieses Instrumentes in der Elektro-Physiologie, sowie aus den Formen, welche dasselbe in den Händen einiger Physiologen bekommen hat, fast diesen Schluss ziehen. Die Methode der mechanischen Reposition des Meniscus, welche der Erfinder des Capillar-Elektrometers, Hr. Lippmann, aus sehr guten Gründen gewählt hatte, und deren Princip ich nicht anzutasten wagte, als ich das in diesem Archiv beschriebene Modell des Instrumentes construirte,[1] ist in den physiologischen Laboratorien, so viel ich höre, fast vollständig durch die Methode der galvanischen Reposition verdrängt worden. Das hätte kaum geschehen können,

[1] Ernst v. Fleischl, Ueber die Construction und Verwendung des Capillar-Elektrometers für physiologische Zwecke. *Dies Archiv.* 1879. S. 269 ff.

wenn die Physiologen die übrigen Vorzüge dieses Instrumentes eben so deutlich erkannt hätten, wie den, der in seiner grossen Beweglichkeit liegt. Auch stehen der allgemeinen Verwendung des Capillar-Elektrometers noch einige Vorurtheile im Wege, die ich durch den oben erwähnten Aufsatz beseitigt zu haben glaubte. Nachdem dies jedoch — wie ich bestimmt weiss — nicht geschehen ist, so wird es vielleicht nicht ganz ungerechtfertigt sein, wenn ich auf einige Punkte meiner früheren Arbeit hier wieder zurückgreife, die mir besonders geeignet erscheinen, diese Vorurtheile zu zerstreuen, und über die ich in meiner ersten Mittheilung offenbar nicht ausführlich genug berichtet habe. Man begegnet noch beinahe allenthalben der Meinung, die Herstellung einer brauchbaren Capillare sei Sache einer ganz besonderen Geschicklichkeit, wenn nicht gar des Glückes; und die längere Erhaltung einer „gelungenen" Capillare sei der Lohn einer besonderen Sorgfalt: als wäre eine solche Capillare von ebensovielen Gefahren bedroht, als sie Manipulationen unterworfen wird. Seit ich mein Verfahren,[1] Capillaren herzustellen, ausübe, ist mir noch nie eine Capillare misslungen — ohne dass ich mir einer besonderen Geschicklichkeit in Glasbläser-Arbeiten bewusst wäre; — und die Capillare ist nicht zerbrechlicher, als eben ganz kurze Glasstäbe von 3—4 mm Durchmesser zu sein pflegen. — Die einfachen Regeln für die Herstellung solcher Capillaren sind, in Kürze, folgende: Nachdem man einen dünnen Platinadraht einem 40—50 cm langen Stücke gewöhnlichen Barometerrohres ungefähr in der Mitte eingeschmolzen hat,[2] löthet man vor der Lampe an das eine Ende des Rohres ein Stück Glasrohr als Handhabe an, und erhitzt dann eine Stelle des Barometerrohres, die etwa 5 cm über dieser Löthstelle liegt, in dem heissesten Theil einer möglichst grossen Flamme, selbstverständlich unter fortwährendem Drehen des Rohres um seine Längsaxe, und mit der Vorsicht, dass der erweichte Theil weder gedehnt noch gestaucht werde, so lange, bis das Rohr an einer Stelle „zugelaufen" ist, das heisst: bis das Lumen ganz verschwunden ist. Dann entfernt man das Rohr aus der Flamme und lässt es — stets rotirend — so weit erkalten, bis das Glas anfängt, zäh zu werden. Jetzt

[1] A. a. O. S. 274, 275.

[2] Die Stelle des Rohres, in welche der Platinadraht eingeschmolzen ist, soll beistehende Gestalt haben. — Jeder Glasbläser weiss, wie man es anzustellen hat, um sie zu erzielen. Man kann vorsichtshalber das Rohr nach dem Einschmelzen des Drahtes ein paar Tage liegen lassen, ehe man es weiter bearbeitet, um abzuwarten, ob es nicht springt. — Uebrigens wird von der Firma Mayer und Wolf in Wien, van Svietengasse, welcher ich die Ausführung meines Instrumentes übertragen habe, jedem Capillarelektrometer ein Satz von solchen „unverwüstlichen" Capillaren beigegeben.

Fig. 1.

ist es Zeit, die Capillare auszuziehen; dies hat durch möglichst symmetrischen, axialen, langsamen Zug zu geschehen, in der Art, dass das Rohr an seiner dünnsten Stelle (an welcher es kein Lumen hat, sondern einen Stab darstellt, nicht dünner als 2—3 ^{mm} im Durchmesser wird. Man findet dann leicht (im reflectirten Lichte) den Punkt, an welchem das Lumen, spitz zulaufend, endet; und schmilzt nun in einer kleinen Stichflamme den Stab etwa 1 ^{cm} unter dieser Spitze ab. Dieses Zuschmelzen ist nothwendig, sonst geräth beim Anschleifen der Facette zu leicht etwas von dem Schleifmittel in die Capillare. Die Capillare versuchsweise mit Quecksilber zu füllen (zu welchem Zwecke sie eröffnet werden müsste), ehe man sie zum Schleifen giebt, wäre ganz überflüssig — sie ist jedenfalls gut, d. h., sie hat jedenfalls eine rein conische Form, wenn nur das Rohr vor dem Ausziehen „zugelaufen" war. Auch für die Gewinnung eines vorläufigen Urtheiles über den Grad der Empfindlichkeit der Capillare, ist ein Anfüllen und Probiren derselben nicht nothwendig. Die Capillare ist um so empfindlicher, sie giebt bei derselben elektromotorischen Kraft einen um so grösseren Ausschlag, je spitzer ihr Kegelwinkel ist. Nun hat man es ganz in der Hand, diesen Winkel so spitzig zu machen, wie man will — er wird um so stumpfer, je mehr man das Glas vor dem Ausziehen erkalten liess, und je weniger, d. h., je schwächer und je langsamer man es ausgezogen hat. Uebrigens lässt sich die Gestalt der Capillare sehr leicht bei richtiger Beleuchtung durch blosse Besichtigung ermessen, und bei einiger Uebung kann man sogar ein hinreichend genaues Urtheil über ihre spätere Empfindlichkeit nach dem blossen Aussehen fällen. Mir ist es noch kein einziges Mal vorgekommen, dass ich eine Capillare hätte schleifen lassen, die sich nachher der auf sie verwendeten Mühe und Kosten unwerth erwiesen hätte. Ich bin nämlich davon abgekommen, die Facetten an meine Capillaren, wie ich das in dem erwähnten Aufsatze beschrieben habe, selbst anzuschleifen, sondern ich lasse dies von einem Glasschleifer besorgen. Bei richtiger Behandlung vor dem Gebläse ist der Theil des Rohres, welcher das conische, capillare Lumen enthält, aussen fast rein cylindrisch, und geht, ziemlich jäh an Dicke zunehmend, an einer Stelle in die Dimensionen des übrigen Rohres über, an welcher das Lumen uns längst wegen seiner Grösse nicht mehr interessirt. Der Glasschleifer erhält nun den Auftrag, den unteren, fast rein cylindrischen Theil, der Länge nach flach anzuschleifen, so weit, bis Gefahr droht, das Lumen könnte eröffnet werden. Der ebene Schliff wird dann vollkommen polirt, und in diesem Zustande das Rohr wieder abgeliefert. Leicht zu errathende Gründe[1] sprechen dafür,

[1] Die „schädliche Länge" ist sowohl lästig bei der Handhabung, als auch ungünstig für die Leistung der Capillare. Lästig ist sie durch den hohen Druck, der erfordert wird, um (bei der ersten Justirung) das Quecksilber durch die Capillare heraus-

nun die Spitze in solcher Höhe abzuschneiden, dass später der Meniscus möglichst nahe über dem unteren Ende der Capillare steht, einige Uebung lässt die Höhe, in welcher der Schnitt für diesen Zweck anzubringen ist, ebenfalls nach der blossen Besichtigung von aussen, noch vor jeder Probefüllung, sehr genau bestimmen. — Solche Capillaren aber, welche bei starker Mikroskopvergrösserung benutzt werden sollen, schneide ich absichtlich

---

zutreiben, welche Procedur vorgenommen wird, um durch das, bei nachlassendem Druck zurücksteigende Quecksilber einen Faden der Flüssigkeit emporsaugen zu lassen, unter deren Spiegel die feinen Quecksilberkügelchen aus der Capillare ausgetrieben wurden. — Die Leistung wird durch die „schädliche Länge" gewiss in sehr complicirter Weise beeinflusst. Auf den ersten Blick erkennt man aber zwei Störungen, die — ganz verschieden von einander, bezüglich ihres Zusammenhanges mit der „schädlichen Länge" — dennoch in ihrem Einfluss auf die Leistung eine gewisse Uebereinstimmung der Wirkung zeigen. Da — wie ich mehrfach hervorgehoben — die Zeit, welche der Meniscus braucht, um unter dem Einfluss eines elektrischen Stromes seine neue Gleichgewichtslage zu erreichen, um so länger ist, je grösser die Summe der Widerstände im Kreise ist, so findet eine verzögernde Wirkung durch den Leitungswiderstand des langen und äusserst dünnen Flüssigkeitsfadens in der „schädlichen Länge" unzweifelhaft statt; doch wage ich nicht, zu behaupten, dass dieser Einfluss uns erkennbar sei; obschon Widerstände, bei denen eine Verlangsamung des Ausschlages eben merklich wird, gerade in die Grössenordnung fallen, von der hier die Rede ist. Mit viel grösserer Bestimmtheit kann aber eine sinnfällige verzögernde Wirkung der Reibung der Flüssigkeit in einem Rohre von so geringem Querschnitte behauptet werden, nicht minder ein übler Effect dieser Reibung auf die Empfindlichkeit und Beweglichkeit, wie denn überhaupt dieser Fall ganz analog dem, einer Luft- oder Glycerindämpfung zu betrachten ist.

Ein weiterer Einfluss der schädlichen Länge, welcher sich allerdings einer genaueren Erwägung mehr würdig als zugänglich zeigt, rührt von der chemischen Beschaffenheit der, an den Quecksilbermeniscus zunächst angrenzenden Flüssigkeitsschichte her, und von der verschiedenen Geschwindigkeit, mit welcher sich Differenzen in der Zusammensetzung oder im Gasgehalte dieser Schichte durch Diffusion mit der äusseren Flüssigkeit ausgleichen können — je nach verschiedener Länge und Dicke des flüssigen Fadens, dessen oberes Ende eben diese Schichte bildet. Einer wirklichen Analyse dieser Verhältnisse steht der Umstand, dass wir vor der Hand noch gar keine genaueren Kenntnisse der Vorgänge im Capillarelektrometer, geschweige denn eine Theorie dieses Instrumentes besitzen, nicht so sehr im Wege, als es den Anschein hat; denn — welches immer diese Vorgänge sein mögen — man wird kaum zu viel wagen, wenn man von ihnen voraussetzt, dass sie um so regelmässiger und constanter sein werden, je weniger sich die chemische Zusammensetzung und der Gasgehalt der an das Quecksilber grenzenden Flüssigkeit ändert. Was mir zunächst den Faden der Speculation abschneidet, das ist: dass ich nicht zu entscheiden vermag, ob unter den vorhandenen Umständen die jedenfalls wünschenswerthe Constanz der Zusammensetzung und des Gasgehaltes der an das Quecksilber angrenzenden Flüssigkeitsschichte auf Isolirung, oder auf Erneuerung zu beruhen hat, ob an der Unterbindung der Diffusion, oder ob an ihrer Beschleunigung zu gewinnen ist, also: ob die Länge des in der Capillare enthaltenen Flüssigkeitsfadens in dieser Beziehung als „nützliche" oder „schädliche" anzusehen ist.

nahe an der eigentlichen Spitze ihres Lumens ab, lasse sie also etwa um 5—8 mm zu lang. Diess geschieht im Hinblick auf folgende Verwendung. Das Gefäss, in welches die Capillare eintaucht, wird bis zum Rande mit der verdünnten Schwefelsäure angefüllt, und die Capillare taucht nur eben in diese Flüssigkeit ein, so dass derjenige Theil, an dem der Meniscus einspielt, mehrere Millimeter über dem oberen Rande des Gefässes sich befindet. Diesem Theile der Facette kann also die Frontlinse eines starken Luftsystemes viel dichter angenähert werden, als dies möglich wäre, wenn noch eine Flüssigkeitsschichte und eine — noch so dünne — Gefässwand, zwischen der Facette und der Frontlinse Platz finden müssten; es lässt sich auch ganz bequem ein Tropfen Wasser oder homogener Immersions-Flüssigkeit vorn auf die Facette bringen; und man kann auf diese Weise

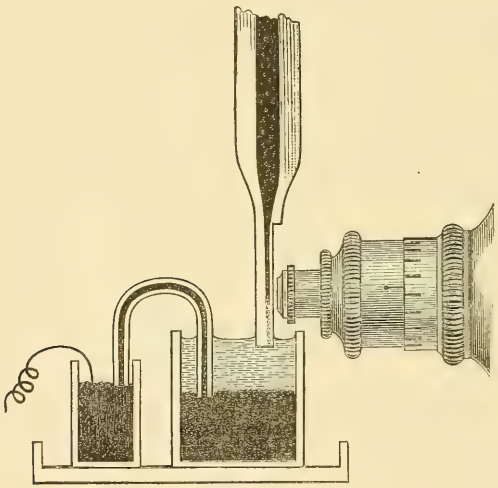


Fig. 2.

den Meniscus mit den besten und stärksten Vergrösserungsmitteln der modernen Optik beobachten. Die Anordnung, von der ich eben sprach, wird durch den obenstehenden Holzschnitt veranschaulicht. In dieser Zeichnung ist auch eine Methode der Verbindung der unteren Quecksilbermasse mit dem zuleitenden Platinadraht dargestellt, welche ich für sehr empfehlenswerth halte. Das unter der verdünnten Schwefelsäure stehende Quecksilber wird mit der Quecksilbermasse, die sich in einem kleinen Gefässe befindet, welches neben dem ersteren auf demselben Tischchen[1] angebracht ist, durch ein, zweimal im rechten Winkel gebogenes Glasröhrchen von etwa 1 mm Lumen, und eben so viel Wandstärke verbunden, welches

[1] Das Nähere hierüber: a. a. O. S. 271 unten.

ebenfalls ganz mit Quecksilber gefüllt ist.[1] Erst in dieses zweite, kleine Quecksilbergefäss taucht der zuleitende Platina- oder Kupferdraht ein. Ich habe gefunden, dass dies die einfachste und bequemste Art der Zuleitung[2] ist, bei welcher man vollkommen sicher davor ist, dass nicht eine Spur der verdünnten Säure sich, Oberflächen entlang, zwischen Quecksilber und Platina hineinstiehlt, und nun zwischen diesen Metallen Kette macht, und auf diese Weise eine Quelle von elektromotorischer Kraft im Innern des Capillar-Elektrometers selbst herstellt, die zu den schlimmsten Irrthümern Anlass geben kann. Meine Angst vor diesem unsichtbaren Feind ist so gross, dass ich mich zu der oben beschriebenen Anordnung entschlossen habe, die wohl einige Mühe und Sorgfalt bei ihrer Herstellung in Anspruch nimmt — einmal hergestellt aber keine weitere Aufmerksamkeit bedingt, und durch die Beruhigung, die sie bezüglich der Harmlosigkeit der Zuleitung gewährt, die auf sie verwendete Mühe reichlich lohnt.

In meiner oben erwähnten Abhandlung habe ich schon auf die Nothwendigkeit hingewiesen, die Verbindung zwischen dem Capillar-Elektrometer und den übrigen Theilen einer Anordnung vermittelst eines Schlüssels herzustellen, welcher das Capillar-Elektrometer in sich zu schliessen erlaubt, was nothwendig ist, damit dasselbe rasch und sicher sich auf seinen Nullpunkt einstelle. Zu dem hier erforderlichen Dienste eignet sich aber weder du Bois-Reymond's Vorreiberschlüssel, noch sein Quecksilberschlüssel. Ersterer nicht, wegen der schon von seinem Erfinder erkannten Veränderlichkeit seines Widerstandes, letzterer nicht, weil an ihm in seiner bisherigen Gestalt die Gelegenheit fehlt, ihn als Nebenschliessung zu gebrauchen. Ich construirte mir daher einen Quecksilberschlüssel, an welchem dies möglich war, indem ich einen Vorreiberschlüssel mit passend angebrachten Quecksilbergefässen versah. Ueble Erfahrungen, welche ich mit trocknen Contacten an so wichtiger Stelle des Capillar-Elektrometers gemacht habe, waren es, die mich zur Annahme dieser Form des Schlüssels veranlassten. —

---

[1] Dieses Röhrchen wird natürlich an beiden Gefässen durch etwas Kitt oder Siegellack befestigt.

[2] Die scheinbar so einfache und vollkommene Art der Zuleitung des Platinadrahtes durch den Boden des Gefässes direct in das Quecksilber halte ich erstens nicht für so unbedingt sicher gegen Benetzung, zweitens aber wäre — bei dem Umstande, dass die ganze Beschaffenheit und Aufstellung meines Beobachtungsgefässes, die für feinere Messungen unentbehrlich ist, das Einschmelzen eines Drahtes nicht zulässt, und dass ferner auch eine Bohröffnung für den Draht aus verschiedenen Gründen schlecht anzubringen wäre — eine solche directe Zuleitung des Drahtes in das Quecksilber auch nicht so einfach herzustellen, wenn man nicht ihretwegen auf andere, wesentliche Vortheile verzichten will.

§ 2. Das Ziel dieser Untersuchung. Die Eignung des Capillar-Elektrometers hierfür; seine Prüfung und Justirung. — Versuchsanordnung.

Ich weiss keinen einfacheren und klareren Weg zur Darstellung der Aufgaben und Fragen, welchen diese Schrift gewidmet ist, als die wörtliche Wiederholung einer Stelle aus Hrn. E. du Bois-Reymond's „Untersuchungen über thierische Elektricität", in welcher der Zweck der hier vorliegenden Abhandlung dargelegt wird — wenn auch im Lichte einer ganz bestimmten theoretischen Voraussetzung, und deshalb auch durchflochten mit einer ganz bestimmten Erwartung bezüglich der Ergebnisse; doch finde ich es sehr passend, diese Stelle hier anzuziehen, weil die Aufgabe, welche uns jetzt beschäftigt, daselbst überhaupt zum ersten Male ausgesprochen ist; weil sie seitdem nicht klarer, als in jenen Worten, ausgesprochen worden ist, und weil ich die Frage heute in genau demselben Zustande angetroffen habe, in welchem sie vor 35 Jahren dem Verfasser der „Untersuchungen" vorschwebte.

Diese Stelle[1] lautet wie folgt:

„Es würde natürlich sehr schätzbar sein, wenn es uns gelänge, die säulenartige Polarisation der dipolar-elektromotorischen Nervenmolekeln durch den Strom auch zwischen den Elektroden nachzuweisen, und dadurch die Curve des Zuwachses auch an dieser Stelle erfahrungsmässig zu ergänzen. Leider habe ich keinen Weg ausfindig machen können, um diesen Zweck zu erreichen. Der zwischen den Elektroden ohne allen Zweifel gleichfalls vorhandene Zuwachs kann sich durch nichts anderes kundgeben, als durch eine Vermehrung der Stärke des erregenden Stromes. Wir werden in der Folge ermitteln, dass der Zuwachs bis zu einer Grenze, die in genaueren Versuchen nie überschritten werden darf, der Stärke des erregenden Stromes einfach proportional ist. Es wird also die Erhöhung dieser Stärke, welche der Zuwachs zwischen den Elektroden bedingt, auch stets dieser Stärke selber proportional sein. Die Aufgabe läuft also darauf hinaus, auf allen Punkten einer Strecke eines Kreises, in welchem eine elektromotorische Kraft wirksam ist, eine stets gleichgerichtete und dabei stets der ersteren proportionale elektromotorische Kraft nachzuweisen. Es fehlt nun aber an jedem Mittel, die Wirkung einer solchen Kraft zu unterscheiden von der Wirkung einer Verminderung des Widerstandes der Strecke, welche der Sitz der Kraft ist, und die Wirkung des Zuwachses zwischen den Elektroden wird sich also stets darauf beschränken, den

[1] E. du Bois-Reymond, *Untersuchungen über thierische Elektricität.* Bd. II. S. 327. 328.

Widerstand der Nerven kleiner erscheinen zu lassen, als er in Wirklichkeit ist; gerade wie, ohne Hinzuziehung anderweitiger Thatsachen und Betrachtungen, die Schwächung einer Kette durch Polarisation der Elektroden auf Rechnung ebensowohl eines Uebergangswiderstandes als einer elektromotorischen Gegenkraft gebracht werden kann."

Wenn oben gesagt wurde, dass ich die Frage heute noch in dem Zustande vorfinde, in dem sie damals von Hrn. E. du Bois-Reymond verlassen wurde, so ist damit natürlich nur die Frage nach eben diesem Versuche, und nichts anderes gemeint, als dass der reine, einfache Versuch, von dem Hr. du Bois-Reymond beklagte, dass er dermalen keine Mittel kenne, um seine Ausführung möglich, und seine Deutung von allem Zweifel frei zu machen, auch heute noch nicht angestellt worden ist. Ueber die Bedeutung der zahlreichen Methoden und Versuche, welche von mehreren Forschern erfunden und ausgeführt worden sind, um dasselbe Ziel auf anderen Wegen zu erreichen, soll mit dieser Bemerkung ebensowenig etwas ausgesagt sein, wie über die Verwendbarkeit und Verlässlichkeit aller der Momente, welche seither für die Unterscheidung einer Kraftzunahme von einer Widerstandsabnahme beigebracht wurden, sofern diese beiden Veränderungen einer Intensitätsschwankung zu Grunde gelegt werden können, welche sich an einem Galvanometer hat beobachten lassen.

Mit einem Galvanometer in dem Sinne, in welchem diese Bezeichnung allgemein gebräuchlich ist, nämlich mit einem Instrumente, welches die Intensität eines galvanischen Stromes misst, in dessen Kreis es sich befindet, wird diese Frage, wie Hr. du Bois-Reymond bemerkt, überhaupt nicht direct zu beantworten sein. Hierzu wäre nur ein solches Instrument zu gebrauchen, welches, von einem galvanischen Strome durchflossen, eine andere Dimension desselben, als die Intensität, anzeigt, nämlich: die elektromotorische Kraft, und welches also in seinen Ablesungen von Variationen des Leitungs-Widerstandes unabhängig ist.

Ein solches Instrument ist das Capillar-Elektrometer. Der Erfinder desselben, Hr. Lippmann, hat den Nachweis geliefert,[1] dass die Dimension des Stromes, die es misst, die elektromotorische Kraft ist, dass von dieser allein die Grösse des Ausschlages abhängt, dass ihr allein der, zur Reposition des Meniscus nöthige Druck proportional ist. Bei Gelegenheit von Versuchen (die mir übrigens eine uneingeschränkte Bestätigung dieser Angaben des Hrn. Lippmann ergaben), bin ich auf eine Art aufmerksam geworden, wie das Capillar-Elektrometer unbeschadet der völligen Richtigkeit der obigen Sätze, dennoch auch auf Widerstandsvariationen reagirt. Die

[1] G. Lippmann in Poggendorff's *Annalen der Physik und Chemie.* 1873. Bd. CXLIX. S. 546 ff.

Zeit, welche der Meniscus braucht, um seine neue Gleichgewichtslage aufzusuchen, wächst mit der Grösse der Widerstandssumme im Kreise, wie ich dies in meiner Abhandlung[1] beschrieben habe. Ich habe schon damals mitgetheilt, dass die Geschwindigkeit der Einstellung bei der Schliessung eines metallischen Bogens durch Hinzufügen eines Widerstandes von der Grössenordnung, der der Widerstand eines Froschnerven bei physiologischen Versuchen angehört, nicht merklich beeinflusst wird. Das begreift sich leicht, wenn man bedenkt, dass der Widerstand, den das unterste, engste, von sauerem Wasser erfüllte Stück der Capillare bedingt, mindestens von derselben, wenn nicht von einer höheren Grössenordnung ist, als der eines, zwar mehrere Male längeren, aber mehrere hundert Male dickeren Froschnervenstückes. Einschaltung von Widerständen, die der Grössenordnung von 10^6 S. E. oder Ohm angehören, bedingt aber bereits eine ganz deutliche Verlangsamung der Einstellung — selbstverständlich, ohne auch nur den allergeringsten Einfluss auf den Punkt der Einstellung zu nehmen. — Nachdem ich bemerkt hatte, dass das Capillar-Elektrometer[2] von vornherein alle Eigenschaften besitzt, welche erforderlich sind für die Ausführung dieses, von Hrn. E. du Bois-Reymond — gewiss mit vollem Rechte — als maassgebend bezeichneten Versuches, so konnte ich dem Reize nicht widerstehen, ihn auch wirklich auszuführen, obwohl ich mich dadurch auf ein gerade jetzt von mehreren Seiten bearbeitetes, und so lebhaft discutirtes Gebiet begab, dass mir eigentlich das Betreten desselben an und für sich nicht verlockend erscheinen konnte.

Doch ich will einstweilen die sich aufdrängenden Beziehungen zur Litteratur für spätere Erledigung zurückschieben, und vorderhand in der Beschreibung der Versuchsanordnung fortfahren.

Bei den Versuchen, mittels deren die merkwürdige Antwort erhalten wurde, welche das Capillar-Elektrometer auf die, oben mit Hrn. du Bois-

---

[1] *Dies Archiv.* 1879. S. 278. — Die Verzögerung durch den Widerstand des Säurefadens selbst, hat schon Hr. Lippmann bemerkt (a. a. O. S. 557).

[2] Da man unter dem Namen „Elektrometer" Instrumente versteht, welche, in Verbindung gesetzt mit einem Punkte einer statisch geladenen Oberfläche das elektrische Potential dieses Punktes messend mit dem der Erde vergleichen, und da das Lippmann'sche Instrument einen ganz anderen Zweck erfüllt, so gebührt ihm eigentlich eine ganz andere Bezeichnung. Es misst eine Strom-Dimension, ist sonach ein Galvanometer, da es aber eine von der Stärke verschiedene Dimension misst, so ist es kein gewöhnliches, sondern ein „Kraft-Galvanometer" oder ein „Galvano-Dynamometer" — oder, um einem neuen Ding auch einen neuen Namen zu geben, ein „Rhomometer", von ῥώμη, die Kraft; wie man ja auch aus ψυχή: Psychologie gebildet hat, und aus τέχνη die analoge Zusammensetzung, die übrigens durch das, bei Aristoteles vorkommende: τεχνολογεῖν ganz gerechtfertigt erscheint. Plutarch und Spätere haben sogar: τεχνολογία.

Reymond's Worten gestellte Frage zu geben hat, diente als Stromquelle eine 20gliedrige Thermosäule (*Th.* Fig. 3) nach Noë, deren in Sternform angeordnete Glieder ich mir einzeln zu den 20 in gerader Linie angeordneten Contacten eines Stromwählers (*W*) habe ableiten lassen. Auf einem messingnen, der Reihe der Contacte parallel verlaufenden Prisma ist eine Metallhülse leitend und gleitend verschiebbar, von welcher, unter einem rechten Winkel, eine kurze Metallfeder gegen die Contacte zu abgeht. Diese federnde Zunge trägt an ihrer Spitze eine rundliche Metallplatte, mit der sie einen der Contacte berührt — je nach der Stellung der Hülse auf dem Prisma. Die Verbindungen sind der Art, dass, wenn die Schleiffeder mit ihrem vorderen Ende auf dem 12. Contacte ruht, 12 Glieder der Thermosäule hintereinander im Stromkreise sind. Die den Thermosäulen in Sternform beigegebene Spirituslampe ist, wegen der allmählichen Erwärmung des Alcohol's, ganz unbrauchbar, wo nur einige Constanz der Säule erforderlich ist; ich habe sie durch einen passend angebrachten Bunsen'schen Brenner ersetzt, und finde den Strom der Säule, welche natürlich vor Luftzug geschützt ist, von erstaunlicher Constanz.

Ehe ich nun die übrige — sehr einfache und ganz selbstverständliche — Versuchsanordnung beschreibe, muss ich noch einer sehr erfreulichen und bequemen Eigenschaft Erwähnung thun, welche die Capillare besitzt, die ich meistens bei diesen Versuchen verwendet habe. Diese Capillare (nach Art der oben beschriebenen hergestellt, und mit einer angeschliffenen Facette versehen), welche übrigens jetzt bereits seit mehr als 4 Jahren Dienste thut, giebt für elektromotorische Kräfte zwischen Null und $^1/_5$ Daniell Ausschläge, welche den elektromotorischen Kräften ganz genau proportional sind,[1] wodurch das Arbeiten mit ihr ausserordentlich vereinfacht und beschleunigt wird. Bei der schwachen Vergrösserung, mit welcher die ersten Versuche angestellt wurden, entspricht ein Intervall meiner Ocular-Scala gerade: $^1/_{200}$ Daniell. Stelle ich den Meniscus in seiner Ruhelage auf den, die ganze Ocular-Scala hälftenden Theilstrich, also in die Mitte des Gesichtsfeldes ein, so ist, da die Ströme bekanntlich nur in einer Richtung (von der Spitze gegen die Basis der Capillare) verlaufen dürfen, nur die eine Hälfte der Ocular-Scala verwendbar. Diese Hälfte besteht aus 50 Theilstrichen. Es ist also, unter den genannten Verhältnissen, da sich Fünftel-Intervalle noch mit grosser Leichtigkeit und Sicherheit schätzen lassen, die Möglichkeit geboten, elektromotorische Kräfte zwischen Null und $^1/_5$ Daniell (und noch etwas darüber) mit einer Genauigkeit von mindestens $^1/_{1000}$ Daniell durch einen einfachen Blick in das Beobachtungs-Mikroskop

[1] Zwischen $^1/_5$ und $^1/_4$ Daniell zeigt sich die erste Spur der Abweichung von der Proportionalität. Bei etwas grösseren elektromotorischen Kräften ist von letzterer nichts mehr zu bemerken.

zu messen — ein Vortheil, den Niemand gering veranschlagen wird, der mit der sonstigen Schwierigkeit solcher Messungen aus eigener Erfahrung bekannt ist.

Wie weit die Genauigkeit der Messung bei der Anwendung stärkerer Objectiv-Systeme steigt, wird später an passender Stelle auseinander gesetzt werden. Das bei der geschilderten Anordnung verwendete Objectiv war ein System Nr. 2 von Reichert, mit einer Aequivalent-Brennweite von 30^{mm}, und einer Linearvergrösserung von 35, unter den üblichen,[1] solchen Angaben zu Grunde gelegten Annahmen. Es ist vielleicht nicht überflüssig, zu bemerken, dass die obige Behauptung von der Proportionalität zwischen elektromotorischen Kräften, und Grösse der Verschiebung des Meniscus zwischen 0 und $^1/_5$ Daniell, nicht bloss auf der Beobachtung der Ausschläge beruht, welche diese, meine Capillare giebt bei Einschaltung von 0, 1, 2, 3, 4 Thermoelementen in den Kreis (wobei die Meniscus-Tangente sich der Reihe nach, bei sehr zahlreichen Wiederholungen immer wieder auf 0, 10, 20, 30, 40 einstellte), sondern dass ich mich durch directe Kraftmessungen von der vollständigen Gleichwerthigkeit der in Betracht kommenden Glieder meiner Thermokette überzeugt habe, ebenso wie auch die, zur Reposition der genannten Verschiebungen des Meniscus erforderlichen Druckhöhen, diesen Verschiebungen (innerhalb der angegebenen Grenzen) vollständig proportional waren.

Die Versuchsanordnung, welche zur Beantwortung der uns beschäftigenden Frage zu dienen hat, ergiebt sich aus der Berücksichtigung der einzelnen, in Betracht kommenden Momente ganz von selbst. Das Capillar-Elektrometer muss mittels des du Bois-Reymond'schen Schlüssels mit Quecksilber-Contacten in einen Kreis eingeschaltet werden können, welcher — nach Belieben — entweder nur den, durch eine abstufbare elektromotorische Kraft erzeugten Strom, oder nur ein Paar unpolarisirbarer Elektroden, die entweder durch einen indifferenten Leiter oder durch einen lebenden Nerven mit einander verbunden sind, oder Stromquelle und Elektroden zugleich — natürlich in einfacher linearer Bahn, also „hintereinander" enthält, wobei auch noch der Forderung zu genügen ist, dass der Strom unter allen Umständen nur in der einen, vorgeschriebenen Richtung durch das Capillar-Elektrometer gehen darf, jedoch nach Belieben in der einen oder der anderen Richtung durch die interpolare[2] Strecke des Nerven muss gesendet werden können. Diesen Forderungen ist zu entsprechen durch eine Anordnung,

[1] Tubuslänge von 160 ^{mm} — das erwähnte Ocular — 250 ^{mm} Projectionsdistanz.

[2] Ich erlaube mir seit jeher, da wo man allgemein den Ausdruck „intrapolar" verwendet, interpolar zu sagen. Die interpolare Strecke ist eindeutig: die zwischen den beiden Polen eingeschlossene; intrapolar mag auch die von dem einen Pol berührte Nervenstelle heissen, als die innerhalb dieses Poles gelegene Länge des Nerven.

welche ausser den bereits aufgezählten Apparaten nur noch drei Pohl'sche Wippen (Commutatoren) zu enthalten braucht: zwei mit herausgenommenem, und eine mit belassenem Commutationskreuz.

Die Wippe mit Kreuz wird natürlich unmittelbar vor den unpolarisirbaren Elektroden stehen, über die der Nerv gebrückt ist, und dazu dienen, den Versuchsstrom in beliebiger Richtung durch den Nerven zu schicken.

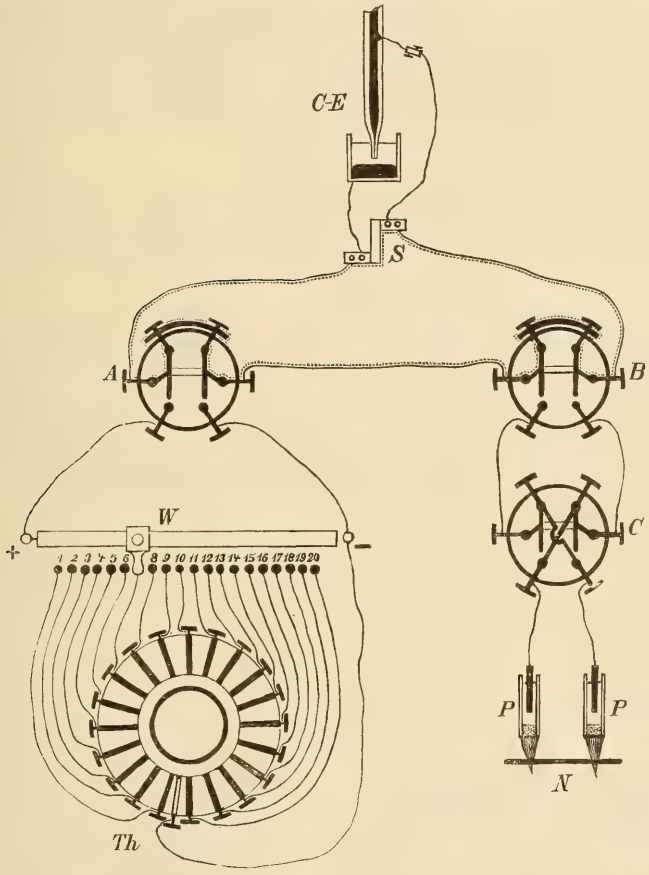


Fig. 3.

Jede der beiden anderen Wippen (ohne Kreuz) wird einen wesentlichen Bestandtheil entweder in den Kreis ein- oder aus ihm ausschalten, und in letzterem Falle, anstatt dieses Bestandtheiles, eine kurze, indifferente metallische Schliessung des Kreises besorgen.

Auf diese letztere arbiträre Weise werden mit dem Capillar-Elektrometer-Kreise verbunden sein: 1) die mittelst des Stromwählers abstufbare elektromotorische Kraft, und 2) das Nerven-Praeparat. —

Hieraus ergiebt sich von selbst die, durch den beigedruckten Holzschnitt illustrirte Disposition.

Der grösseren Durchsichtigkeit zu Liebe gehen wir von einem einfachen, metallisch in sich geschlossenen Kreise aus (in der Figur punktirt), der an den drei Stellen *A*, *B* und *S* beweglich ist.

In der Lage, in welcher der Bügel von *A* gezeichnet ist, taucht er in ein paar Näpfe, die unter einander durch einen kurzen, dicken Leitungsdraht verbunden sind; dasselbe gilt von *B*.

Wird die Pohl'sche Wippe (ohne Kreuz) bei *A* aus der Stellung, in welcher sie gezeichnet ist, in die entgegengesetzte übergeführt, so enthält der Kreis die Stromquelle *Th*, und es kreist ein Strom in ihm, der bezüglich seiner elektromotorischen Kraft von der Stellung des Stromwählers *W* abhängt. Diesen Strom kann ich durch Oeffnen bei *S* durch das Capillar-Elektrometer (*C*—*E*) kreisen lassen, und an demselben messen.

Ich kann aber *A* in der Stellung lassen, in der es gezeichnet ist, und statt seiner *B* in die entgegengesetzte Lage überführen.

Dadurch wird in den vorher stromlosen Kreis der Nerv *N* aufgenommen, der über die unpolarisirbaren Pinsel-Elektroden *P*, *P* gebrückt ist. Von diesen geht die Leitung über den Commutator *C* nach B. Ist also *A* in der gezeichneten, *B* in der entgegengesetzten Stellung, so wird, wenn ich bei *S* öffne, der vom Nerven kommende Strom durch das Capillar-Elektrometer gehen, und an demselben gemessen werden können.

Sind beide Wippen, *A* und *B*, umgelegt, so befindet sich der Nerv *N* in der Bahn des von *Th* kommenden Stromes; und wird nun bei *S* die Nebenschliessung weggeräumt, so geht dieser Strom durch das Elektrometer.

Dafür, dass der von der Säule kommende Strom nie in der falschen Richtung durch das Capillar-Elektrometer geleitet werde, sorgt man am besten dadurch, dass man keine Vorrichtung zum Commutiren zwischen letzterem und der Säule anbringt, sondern die Drähte ein für allemal in der richtigen Weise einspannt.

Hingegen muss der Commutator *C* aus mehreren Gründen an seinem Platze sein. Und zwar, erstens, um die elektromotorische Kraft, welche von den Elektroden *P*, oder vom Nerven stammt, in correcter Weise messen zu können, ferner um etwa von der Kraft des Längs-Querschnitt-Stromes eines Nerven vor Beginn des eigentlichen Versuches sich zu überzeugen u. s. w. Dann aber ist der Commutator *C* sehr erwünscht, wenn man eine feine Probe über die Stromlosigkeit des Nerven anstellen will. Das Auge am Beobachtungs-Mikroskop, wirft man, nachdem die Wippe *B* umgelegt, und bei *S* geöffnet ist, den Bügel von *C* mehrmals hin und her, wobei, wie sich aus den Verbindungen der Figur von selbst ergiebt, der Nerv

seinen Strom — falls überhaupt ein solcher von ihm ausgeht — alternirend in entgegengesetzten Richtungen durch das Elektrometer sendet, welches dadurch noch letzte Spuren von Strom anzeigen kann, die bei der einfachen Oeffnung von *S* nicht mehr erkennbar wären.

Auch wenn es im einzelnen Falle nicht gelungen ist, den Nerven in absolut unwirksamer Weise auf den Elektroden zu lagern, so ist es für die Beurtheilung des ganzen Versuches von der grössten Wichtigkeit, zu wissen, in welcher Richtung die Spur von Strom, die von dem Nerven ausgeht, sich im Versuchskreise bewegt — und es ist nicht minder wichtig, diese Richtung nach Belieben verändern zu können, durch Manipulation von *C*.

§ 3. Beziehung zu anderen Untersuchungen: Begrenzung der eigenen. — Resultat der Versuche im Allgemeinen. Bemerkung über dessen Glaubwürdigkeit. — Bedeutung des Capillar-Elektrometers für die Physiologie. —

Obwohl sich die vorliegende Schrift mit der Frage nach dem interpolaren Elektrotonus beschäftigt, so wird man dennoch vergeblich in ihr nach einer Anknüpfung an den Inhalt einer Abhandlung suchen, welche der Verfasser vor längerer Zeit unter dem Titel der hier hervorgehobenen Worte[1] veröffentlicht hat, und zwar aus folgenden Gründen. Diese Abhandlung hat zweifache Berücksichtigung gefunden. In der einen von diesen[2] wird eine Erklärungsweise eines von mir beobachteten Phaenomenes vertheidigt, welche ich zwar in jener Abhandlung selbst auseinandergesetzt hatte, die mir jedoch nicht als zutreffend erschienen war; so dass ich mich schliesslich für eine andere Deutung[3] entschieden hatte, die mithin in der erwähnten Abhandlung von Hrn. L. Hermann bestritten wird. Dann aber hat mich Hr. E. du Bois-Reymond,[4] ohne sich direct gegen die von mir vertretene Ansicht zu erklären, doch auf Momente aufmerksam

---

[1] E. v. Fleischl, *Untersuchung über die Gesetze der Nervenerregung.* IV. Abhandlung. Der interpolare Elektrotonus. — *Wiener akademische Sitzungsberichte.* 1878. Bd. LXXVII. 3. Abthlg.

[2] L. Hermann, Bemerkungen über das galvanische Verhalten einer durchflossenen Nervenstrecke. Pflüger's *Archiv* u. s. w. Bd. XIX. S. 416, 417.

[3] Meine Schlüsse aus der daselbst beschriebenen Thatsache sind, wie das Weitere ergeben wird, sicherlich falsch, insofern aus dieser Thatsache auf die stationäre Veränderung der durchflossenen Strecke geschlossen wird; und da dies eben in meinen Erörterungen durchweg geschieht, so muss ich ihnen nunmehr allen Werth absprechen.

[4] S. 39 seiner Abhandlung: Ueber secundär-elektromotorische Erscheinungen an Muskeln, Nerven und elektrischen Organen. *Sitzungsberichte der kgl. Akademie der Wissenschaften.* 1833. S. 343—405. — Separatabdruck (nach welchem ich citire S. 1—64. — *Dies Archiv.* 1884. S. 1—63.

gemacht, welche bei dem von mir beobachteten Phaenomene mit im Spiele gewesen sein mochten, und die zur Zeit, als ich jene Beobachtungen anstellte, noch nicht bekannt waren. So wichtig es mir nun auch sein mag, diese Frage zu erledigen, und so naheliegend die hier sich bietende Gelegenheit hierfür auch scheinen mag, so wenig eignet sie sich in Wirklichkeit dazu. Die neuen Untersuchungen des Hrn. du Bois-Reymond beschäftigen sich nämlich mit der experimentellen Erforschung der elektrischen Zustände, die in der durchflossenen Strecke in den ersten Momenten nach der Einwirkung des Stromes auftreten, und der Verfasser bezeichnet seine Untersuchungen und Mittheilungen über diesen Gegenstand so ausdrücklich als noch nicht abgeschlossen, dass eine Einmischung in diese Sache jetzt noch mindestens als verfrüht erscheinen müsste — desshalb bleibt auch in der vorliegenden Schrift Alles, was sich möglicherweise mit dem Capillar-Elektrometer über dieses wechselvolle Initial-Stadium beobachten lassen könnte, unberücksichtigt; es sind vielmehr alle Angaben, die hier über den Stand des Meniscus gemacht werden, als solche anzusehen, welche sich auf einen vollkommen stationären Zustand beziehen. Hr. du Bois-Reymond bezeichnet zwar ausdrücklich als secundär-elektromotorische „ohne Rücksicht auf die Zeit ihres Hervortretens", alle Erscheinungen „welche ein fremder Strom als Strom, nicht als bloser Reiz, an Muskeln und Nerven erzeugt", doch bin ich ganz beruhigt darüber, durch die vorliegende Mittheilung keiner der von ihm in Aussicht gestellten, künftigen Untersuchungen in unberechtigter Weise vorzugreifen. Es steht im Gegentheile das, was ich zu sagen habe, so ferne von Allem, was von irgend einer Seite vermuthet, von irgend einer Theorie vorausgesetzt worden ist, dass ich eben daraus das Recht ableiten zu dürfen glaube, auf die einzelnen Gegensätze gar nicht ausdrücklich hinzuweisen — sie sind zu grell, als dass sie übersehen werden könnten. Wer meine Resultate mit einer Theorie vereinbaren kann,[1] der möge es thun; wer meine Resultate bezweifelt, der möge die Versuche wiederholen. — Ich beschränke mich vor der Hand auf die einfache Erzählung der Art, wie ich meine Versuche angestellt habe, und der Beobachtungen, die ich dabei gemacht habe, und wenn ich hier etwas discutire, so sind es lediglich meine eigenen Versuche und deren Bedingungen. Meine Versuche, in denen die elektromotorische Kraft eines Stromes mit rein anorganischer, und — die Flüssigkeit des Capillar-Elektrometers ausgenommen — rein metallischer Schliessung verglichen wurde: mit der elektromotorischen Kraft desselben Stromes, wenn in seine Bahn ein lebender Nerv mittels unpolarisirbarer Elektroden eingeschaltet war, wurden alle nach demselben Typus angestellt. Nachdem die übrigen Vorbereitungen

[1] Was mir übrigens durchaus nicht unmöglich erscheint.

getroffen waren, wurde (unter den selbstverständlichen Vorsichtsmaassregeln) der N. ischiadicus eines soeben geköpften, grossen Frosches herauspraeparirt, und über ein Paar Pinsel-Elektroden gebrückt, die mit der Wippe *C* verbunden waren. Dieser Nerv wurde durch die Wippe *B* in den Kreis des Capillar-Elektrometers aufgenommen, während die Wippe *A* so gestellt war, dass die Thermosäule aus dem Kreise ausgeschaltet war. Bei der grossen Empfindlichkeit des Capillar-Elektrometers musste nun der Nerv sehr behutsam auf den Pinseln verschoben werden, bis eine solche Ableitung gefunden war, dass der Meniscus weder von dem Spiel des Schlüssels, noch von dem Umwerfen der Wippe *C* afficirt wurde. Die Ströme, die durch dieses Verschieben des Nerven annullirt werden mussten, stammten stets von diesem selbst, denn ich muss meinen Elektroden nachrühmen, dass sie, wenn die Pinsel selbst einander berührten, fast gar nie elektromotorisch wirksam waren. — War nun diese ganz unwirksame Anordnung gefunden, dann wurde zuerst, durch Umlegen der Wippe *B* der Nerv aus dem Kreise entfernt, und statt seiner durch die Wippe *A* eine Anzahl Elemente der Thermosäule in den Kreis aufgenommen, deren elektromotorische Kraft durch Beobachtung des Ausschlages am Capillar-Elektrometer mehrmals gemessen, und bei allen Einzelablesungen einer Reihe immer als ganz constant befunden wurde.

Jetzt ist der Moment gekommen, einem recht naheliegenden, aber sehr groben Fehler aus dem Wege zu gehen. Hätte ich nämlich, während der Meniscus seine, der elektromotorischen Kraft der Thermoelemente entsprechende, neue Lage hatte, durch Umwerfen von *B*, den Nerven mit in den Kreis aufgenommen, und es hätte sich der Meniscus nicht gerührt, so wäre dadurch — gar nichts bewiesen gewesen. Da nämlich der Nerv an sich stromlos eingeschaltet war, und da das Capillar-Elektrometer, wie ich hinreichend betont habe,[1] als automatischer Compensator von grösster Praecision jeden Strom in seinem Kreise[2] vollständig vernichtet, so hätte ich auf diese Art einen stromlosen Nerven in einen Kreis eingeschaltet, in welchem zur Zeit der Einschaltung keine elektromotorische Kraft wirksam war; und ich wüsste nicht, woher da ein Ausschlag hätte kommen sollen. Es musste also folgendermaassen verfahren werden. Nachdem constatirt worden war, welche Wirkung die Kraft der Thermoelemente am Capillar-Elektrometer hervorbringt, wurde dieses durch seinen Schlüssel aus dem Kreise genommen, und statt seiner, vermittelst Umwerfen von *B*, der Nerv

---

[1] *Dies Archiv.* 1879. S. 282. Die Thatsache constatirte zuerst Hr. Lippmann (a. a. O. S. 551).

[2] Bis zur Polarisationsgrenze zwischen Quecksilber und verdünnter Schwefelsäure — also ungefähr ein Volt.

in den Kreis der Thermoelemente eingeschaltet. Kürzere oder längere Zeit[1] nachdem dies besorgt war, wurde nun das Capillar-Elektrometer in diesen Kreis aufgenommen, und der Ausschlag, den es jetzt gab, entsprach der elektromotorischen Kraft, die es im Kreise vorfand, also der, um die Kraft des interpolaren Elektrotonusstromes vermehrten (oder verminderten) elektromotorischen Kraft der Thermoelemente, und da der Ausschlag immer absolut identisch war mit dem zuerst — ohne Nerv — gemessenen, so sagt das Capillar-Elektrometer, dass der interpolare Zuwachs- oder Polarisations- oder Elektrotonus-Strom eine elektromotorische Kraft gleich Null hat — unter allen erdenklichen bisher dem Versuche unterzogenen Verhältnissen. Hatte ich, um nicht zu viel von der kostbaren Zeit nach der Praeparation des Nerven zu verlieren, diesen in einer Lage auf den Pinseln gelassen, bei der ihm noch ein merklicher Rest von elektromotorischer Kraft zukam, so fand ich diesen Rest dann bei der entscheidenden Ablesung unverändert wieder vor, wie er sich algebraisch zu der, von der Thermosäule stammenden Kraft addirte, d. h., wie er — je nach der Lage der Wippe *C* — diese Kraft vermehrte oder verminderte, und zwar um den unveränderlichen eigenen Betrag, der ihm während der Einwirkung der Kraft der Säule auf den Nerven genau so wie vor und nach der Einwirkung dieser Kraft zukam. Das hatte ich am allerwenigsten erwartet, und ich hätte es auch Niemandem geglaubt, als dem Capillar-Elektrometer. Ich darf wohl hier die Bemerkung einschalten, dass die Anschauung von Hrn. E. Hering — wenn ich anders diesen Forscher richtig auffasse — mit meiner neuen Erfahrung nicht nur ohne Weiteres vereinbar ist, sondern mir zu ihrer consequenten Durchführung dieser Erfahrung zu bedürfen scheint. Wie die eigentlichen Theorien des Elektrotonus über den elektromotorischen Zustand der interpolaren Strecke denken, ist bekannt. Sie hatten bisher über diesen Zustand nur Postulate zu entwickeln, von denen allerdings keines mit dem Ergebnisse des Versuches übereinstimmt. Es erwächst nun aber die Aufgabe, zu überlegen, inwiefern diese Postulate wirklich und unausweichlich aus den Grundgedanken der Theorien hervorgehen, oder inwieweit die eine oder die andere Theorie die unerwartete Verneinung ihres Postulates mit Beibehaltung ihres Grundgedankens zu ertragen vermag, eine Ueberlegung, die jedoch erst am Platze sein wird, nach der Mittheilung einer Reihe anderer Versuche, die der zweite Theil enhalten wird, und deren Ergebnisse eine wichtige Rolle bei dieser Ueberlegung spielen.

Ich überschreite nun mit dem Folgenden allerdings die Grenze zwischen

[1] Immerhin einige Secunden, nur in einem der bisher angestellten Versuche $2^1/_2$ Minuten.

diesem und dem zweiten Theile meiner Abhandlung, in welchem das Versuchsmaterial vorgebracht und erörtert werden soll; ich kann aber nicht umhin, schon hier eine Probe aus diesem Material mitzutheilen. Ich hoffe hierdurch den Leser einigermaassen über die Verlässlichkeit der Thatsachen zu beruhigen, welche die Grundlage für die bereits vorgebrachten und für die noch vorzubringenden Erörterungen bilden.

Schon vor mehr als sechs Jahren habe ich Messungen über die Kraft des extrapolaren Elektrotonus mit dem Capillar-Elektrometer vorgenommen, und dieselben auch zum Theile (in Form einer Curve) veröffentlicht.[1] Ganz ähnliche Messungen habe ich jetzt vielfach wiederholt. Ich gebe die Zahlen einer solchen Messung, um sie neben diejenigen Zahlen zu stellen, deren Verlässlichkeit sie verbürgen sollen.

22. Jan. 1884. Extrapolarer Elektrotonus. Spannweite der polarisirenden Elektroden: 5 mm, ebendieselbe Spannweite haben die zum Capillar-Elektrometer ableitenden Elektroden. Unter Abstand (A) ist die Entfernung der beiden mittleren Elektroden von einander verstanden. Kraft des polarisirenden Stromes = 1 Daniell (D). Bei einem Abstande = 1 mm war die Kraft des gemessenen Elektrotonusstromes = $^1/_8$ Daniell. Bei A = 6 mm war die Kraft = $^1/_{20}$ D; bei A = 11 mm war die Kraft = $^1/_{150}$ D; bei A = 16 mm war sie = $^1/_{300}$ D u. s. w. Ist es nun möglich, nach solchen Erfahrungen über die Kraft des extrapolaren Elektrotonus, einem mit demselben Instrumente ausgeführten Versuche die Bedeutung eines Beweises abzusprechen, wenn dieser Versuch den folgenden Verlauf nimmt?

2. Febr. 1885. Interpolarer Elektrotonus. Der Nerv am Elektrometer in seiner endgültigen Lage gemessen, zeigt eine elektromotorische Kraft von $^1/_{200}$ Daniell. Die interpolare Strecke ist 25 mm lang. Der polarisirende Strom (8 Elemente der Thermosäule), für sich allein gemessen, zeigt eine, während des ganzen Versuches constante, elektromotorische Kraft von $^8/_{20} = {}^{80}/_{200}$ Daniell. Der Strom wurde im Ganzen zehnmal, 5 mal in der einen (+), 5 mal in der anderen Richtung (—), durch den Nerven

---

[1] Untersuchung über die Gesetze der Nervenerregung. V. Abhandlung. Die Theorie des Elektrotonus. *Sitzungsberichte der k. k. Akademie der Wissenschaften zu Wien.* 1878. Bd. LXXVIII. Abth. 3. — Da solche Messungen, welche Hr. S. Tschirjew publicirt hat, gleichfalls mit dem Capillarelektrometer gemacht sind, so erwähne ich ihrer hier. Die Capillare, mit der damals Hr. Tschirjew meistens arbeitete, benütze ich auch jetzt noch gelegentlich — sie ist von mittlerer Empfindlichkeit, verträgt aber die stärksten Vergrösserungen. Bei der von Hrn. Tschirjew verwendeten 125fachen Linear-Vergrösserung erscheint der Meniscus durch eine Kraft von ca 0·0006 Daniell um einen Theilstrich aus der Gleichgewichtslage verschoben. — Das Nähere im „Nachtrag zur Abhandlung über die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der elektrotonischen Vorgänge im Nerven“ von Dr. S. Tschirjew. *Dies Archiv.* 1879. S. 543—553.

geleitet und gemessen. Jedesmal war (Strom + Nerv) = $^{81}/_{200}$ Daniell, (Strom — Nerv) = $^{79}/_{200}$ Daniell.

So weit ich davon entfernt bin, mir das Aufstellen von Regeln für die Forschung, oder das Ertheilen von Lehren und Rathschlägen zu erlauben, so mag ich doch meine Ueberzeugung nicht unterdrücken, dass bei sehr vielen elektrophysiologischen Versuchen die Ersetzung des Galvanometers durch das Capillar-Elektrometer wichtige Aufschlüsse bringen wird.

Bei dieser Gelegenheit möchte ich zwei Punkte hervorheben. Erstens: dass meine Construction des Capillar-Elektrometers sich mir für die verschiedensten Aufgaben als ganz entsprechend erwiesen hat, im Gegensatze zu der ursprünglichen Form, und trotz des unbedingten Tadels, den ein Fachgenosse in einer physiologischen Zeitschrift von grosser Verbreitung über dieselbe ausgesprochen hat.[1] Da an meinem Instrumente gerade die Haupthindernisse, welche sonst der allgemeineren Verbreitung des Apparates im Wege stehen, nämlich die gefürchtete Zerbrechlichkeit der Capillare, und Schwierigkeit ihrer Herstellung ganz beseitigt sind (durch die dem Instrumente beigegebenen nahezu unverwüstlichen Capillaren), so habe ich dieses abfällige Urtheil deshalb besonders bedauert, weil es — als das einzige Urtheil, das in physiologischen Kreisen überhaupt verlautbart ist — zwar eine gewisse Verbreitung meines Instrumentes unter Physikern nicht verhindert hat, möglicher Weise aber mit dazu beigetragen hat, dass dasselbe von physiologischen Arbeitsstätten beinahe ganz ausgeschlossen blieb — und mit ihm die allgemeinere Anwendung des ganzen Principes in der Elektrophysiologie; denn dass Apparate von solcher Unverlässlichkeit, die zugleich bei der Verwendung mit so viel Noth und Aerger verbunden sind, wie die anderen mir bekannten Modelle, sehr bald wieder zur Seite gestellt wurden, nimmt mich nicht Wunder. — Zweitens warne ich aber nochmals ausdrücklich vor jeder Abweichung von den Regeln und Methoden, welche ich hier, sowie in meiner früheren Abhandlung für den Gebrauch des Capillar-Elektrometers aufgestellt habe, und welche nicht der Willkür, sondern der Erfahrung entsprungen sind. — Sollten die unerwarteten Ergebnisse dieser Untersuchung zu einer Wiederholung der von mir beschriebenen Versuche, und somit zur Anwendung von Capillar-Elektrometern veranlassen, so bitte ich zu berücksichtigen, dass die oben von einer meiner Capillaren beschriebene, weitgehende Proportionalität der Ausschläge mit der elektromotorischen Kraft eine Ausnahme ist, und dass im Allgemeinen Messungen dieser Kraft nur mittels des Repositions-Verfahrens zu geschehen haben, und — auch nicht einmal schätzungsweise — nach dem Ausschlage des Meniscus.

[1] Pflüger's *Archiv* u. s. w. Bd. XXXI. S. 605, Anm.

Nicht nur in unserem Falle, sondern auch in vielen anderen ist ja eine Entscheidung in der Frage zu treffen, ob eine Intensitätsänderung von einer Polarisation, — sagen wir ganz allgemein: von einer Veränderung der elektromotorischen Kräfte im Kreise herrührt; oder aber von einer Aenderung im Widerstande. Diese Entscheidungen, an die sich oft die wichtigsten Schlüsse knüpfen, sind bisher immer indirect getroffen worden, auf Umwegen; ganz so wie die bisher versuchten Lösungen der uns beschäftigenden Frage. Alle diese Untersuchungen sind nach meiner Ansicht mit dem Capillar-Elektrometer zu wiederholen. Für diese Nothwendigkeit wird vielleicht die vorliegende Untersuchung kein schlechtes Beispiel sein; und ich wage die Vorhersage, dass aus einer Untersuchung der elektrophysiologischen Fragen mit dem Capillar-Elektrometer dem Begriffe des „Uebergangs-Widerstandes" zunächst eine beträchtliche Umgestaltung erwachsen wird, nach Umfang und Inhalt, und dass auch im Gebiete der „inneren Widerstände" Aenderungen unserer Anschauungen erfolgen werden.

§ 4. Erledigung einiger, sich aufdrängender, physikalischer Fragen.

Sowohl die Ausdehnung, welche diese Abhandlung bereits gewonnen hat, als auch der Umstand, dass viele nothwendige Versuche in der jetzigen Jahreszeit nicht angestellt werden können, hat mich zu dem Entschluss bewogen, einen „zweiten Theil" des Ganzen für spätere Veröffentlichung abzusondern. Die Versuche, auf welche sich meine Angaben beziehen, sind nämlich bisher nur an Winterfröschen angestellt worden; und wenn auch diese Versuche durch die vollständige Uebereinstimmung ihrer Ergebnisse, so wie dadurch, dass die bei ihnen verwendeten Nerven sich in jeder Beziehung als normal erwiesen, vielleicht an und für sich hinreichen möchten, so scheint es mir doch gerathen, die Grundlage für eine so unerwartete und eingreifende Behauptung nach allen Seiten hin zu befestigen, und ich werde im zweiten Abschnitt, nachdem diese und andere Versuche an Frühlings- und Sommerfröschen angestellt sein werden, den experimentellen Theil dieser Untersuchung in hinreichender Ausführlichkeit darlegen.

Vorher aber ist es nothwendig, einen Zweifel zu beseitigen, der die Berechtigung anlangt, aus den Versuchen, die ich angestellt habe, selbst wenn man sie an und für sich als einwurfsfrei anerkennt, den Schluss zu ziehen, dass ein elektrischer Strom keinerlei Veränderung seiner elektromotorischen Kraft erfährt, wenn ein Stück eines lebenden Nerven in seine Bahn aufgenommen wird. In dieser Form ausgesprochen, ist dieser Zweifel oder diese Frage rein physikalischer Natur.

Die Frage kann aber auch so gestellt werden: Folgt aus diesen Versuchen, dass in einem Nerven keinerlei elektromotorische Kräfte entstehen, wenn ein Strom durch ihn fliesst? In dieser Fassung jedoch hat die Frage ausser einem physikalischen Theil, der mit der obigen Frage zusammenfällt, noch einen physiologischen Theil, welcher nicht durch Ueberlegung, sondern durch den Versuch zu beantworten ist, und dessen Beantwortung denn auch in der Fortsetzung dieses Aufsatzes gefunden werden wird. Es könnte nämlich die algebraische Summe aller elektromotorischen Kräfte, die der Strom in dem, von ihm durchflossenen Nervenstücke hervorruft, zwar stets gleich Null sein; aber nicht in Folge davon, dass der Strom an keiner Stelle des Nerven, den er durchfliesst, solche Kräfte erregt, sondern vielmehr in Folge davon, dass die Kräfte, welche der Strom in einem Theile der durchflossenen Strecke erregt, an Grösse gleich, an Richtung entgegengesetzt sind jenen Kräften, die der Strom in dem übrigen Theile der von ihm durchflossenen Nervenstrecke erregt — eine Anschauung, die sogar in dem elektrotonischen Verhalten der interpolaren Strecke, insofern man dasselbe nach der Erregbarkeit bemisst, von vornherein eine gewisse Stütze findet. Diese Untersuchung in den zweiten Theil verweisend, wollen wir uns hier zunächst mit der Frage beschäftigen, ob eine, von Null verschiedene Summe der elektromotorischen Kräfte, welche ein Strom in einem, von ihm durchflossenen Nervenstücke erzeugt, sich am Capillar-Elektrometer durch einen Ausschlag anzeigen müsste, der von dem Ausschlage verschieden ist, den der erregende Strom am Capillar-Elektrometer hervorbringt, wenn er nur durch dieses, und nicht auch durch den Nerven fliesst. Die Vorstellung, auf welcher diese Frage beruht, ist die folgende. Das Capillar-Elektrometer compensirt jeden Strom,[1] in dessen Kreise es sich befindet. Wird es nun (nach Vermeidung des oben, S. 505, erwähnten Fehlers) in den Stromkreis aufgenommen, in welchem bis dahin die Thermokette und die interpolare Nervenstrecke sich befanden, und in dem möglicherweise ein Strom circulirte, der von der elektromotorischen Kraft der Kette, und von einer elektromotorischen Kraft des Nerven herrührte, welch' letztere jedoch erst durch erstere hervorgerufen worden war: — und compensirt es nun diese beiden elektromotorischen Kräfte, d. h.: die algebraische Summe derselben, so wird es dies vielleicht durch einen im ersten Moment veränderten Ausschlag thun; aber noch während dieser Ausschlag sich herausbildet, vernichtet das Capillar-Elektrometer die Kraft, die es im Kreise vorfindet, also die Entstehungsursache des, vom Nerven herrührenden Antheiles der Gesammtkraft, und der stationäre Zu-

[1] Selbstverständlich ist hier, wie an anderen, ähnlichen Stellen, nur von Strömen die Rede, deren Kraft unter der Polarisationsgrenze von Quecksilber und verdünnter Schwefelsäure bleibt, also 1 Daniell nur wenig übertrifft.

stand wird folglich nur der Kraft der Säule entsprechen. Eine solche Auffassung beruht jedoch auf einem Missverständnisse. Obwohl über den Vorgang im Capillar-Elektrometer, über die Art seiner Wirkung, noch keine befriedigende und anerkannte theoretische Anschauung existirt, so lässt sich doch ein solcher Einwand von vornherein zurückweisen, und übrigens ist er auch mit den Resultaten einiger Versuche unvereinbar, welche ich eigens angestellt habe, um sie diesem Einwurfe entgegenzuhalten. Wenn der Strom, in dessen Kreise das Capillar-Elektrometer sich befindet, an vielen Stellen meiner früheren und der vorliegenden Abhandlung als „compensirt" bezeichnet wurde, so ist der Sinn dieser Behauptung kein anderer, als dass man sich, um der Erfahrung einen Ausdruck zu verleihen, den Strom, welcher im Kreise circulirte, ehe das Capillar-Elektrometer in diesen aufgenommen wurde, vom Momente an, in dem dieses Instrument in den Kreis eingeschaltet ward, als compensirt, als vernichtet durch einen gleichstarken Gegenstrom vorzustellen hat. Und zwar ist der Strom, den das Capillar-Elektrometer dauernd compensirt, in jedem einzelnen Falle genau der, der im Momente seiner Einschaltung im Kreise circulirte. Man könnte sich nun allerdings der Vorstellung überlassen, in einem Kreise, in dem kein Strom mehr circulire, sei auch keiner mehr zu compensiren. Zum Beispiele, eine Thermosäule, deren Strom durch ein Capillar-Elektrometer compensirt ist, so dass keine Spur von Strom mehr durch das empfindlichste Galvanometer in diesem Kreise nachzuweisen ist — eine solche Thermosäule könne nur dadurch in einem geschlossenen Kreise sich befinden, ohne einen Strom zu erregen, dass ihre Löthstellen paarweise die gleiche Temperatur hätten, welche Annahme einerseits sehr leicht durch den Versuch widerlegt werden kann, andererseits aber wieder nicht verstehen liesse, wesshalb denn der Ausschlag am Capillar-Elektrometer nicht zurückgeht auf Null — entsprechend der Stromlosigkeit des Kreises; sondern vielmehr bestehen bleibt. Es ist dies gerade so, wie bei der Wage. Ist auf derselben die Last durch das Gewicht compensirt, so besteht Gleichgewicht, es findet keine dynamische Wirkung im Systeme statt, und die Last sowohl wie das Gewicht benehmen sich, wie schwerlose Körper. Nichtsdestoweniger wird die Last vom Erdmittelpunkte dauernd mit einer ihrer Masse entsprechenden Kraft angezogen, welcher nur vorderhand durch die gleiche und entgegengesetzte Kraft, die das Gewicht anzieht, das Gleichgewicht gehalten wird.[1]

[1] Um unseren Vergleich fortzusetzen, in welchem die Kraft der Kette durch die Last auf der einen Wagschale, die compensirende Kraft der Capillare durch das Gewicht auf der anderen Wagschale dargestellt wird, nehmen wir an, beim Sinken der Schale, in der die Last liegt, würde vermittelst einer Auslösungsvorrichtung auf diese Schale eine gewisse Last aufgelegt. Verfahren wir nun analog dem oben erwähnten Fehler,

Ein dem unsrigen sehr analoger Fall ist der folgende. In einen metallischen Kreis seien nach Belieben einzeln oder in beliebiger Zusammenstellung (durch Entfernung von Nebenschliessungen) einzuschalten: 1. Eine Daniell'sche Zelle, 2. Ein Capillar-Elektrometer, 3. eine polarisirbare Anordnung, z. B. zwei Platinableche, die in verdünnte Schwefelsäure eintauchen, ein Voltameter, u. s. w. (nach dem Schema der Fig. 4). Schalte ich erst Nr. 1, die Kette, dann Nr. 2, das Capillar-Elektrometer ein, messe an letzterem die Kraft des Daniell'schen Elementes, und schalte dann, nachdem die Messung geschehen, und der Repositionsdruck wieder entfernt ist, Nr. 3: die Polarisationszelle ein, so handle ich analog dem Fehler, vor dem oben gewarnt wurde, ich bringe die Zelle in einen stromlosen Kreis, und kann keine Polarisation erwarten, bekomme auch keine zu sehen.

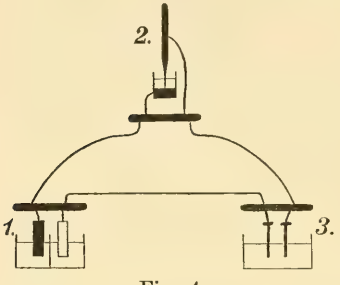


Fig. 4.

Schalte ich aber, nach Messung von 1 durch 2, letzteres wieder aus, und dafür 3 ein, lasse den Strom von 1 eine Weile durch 3 gehen, und schalte zu diesen beiden dann auch 2 wieder ein, so werde ich jetzt einen geringeren Ausschlag am Capillar-Elektrometer bekommen, und dieser Ausschlag wird unverrückt bestehen bleiben. Wäre die, oben als unrichtig bezeichnete Anschauung richtig, so müsste ja, da kein Strom im Kreise herrscht, auch keine Polarisation bestehen. Man muss den Versuch, soll er vollkommen beweisend sein, mit einer so geringen elektromotorischen Kraft anstellen, dass in der Polarisationszelle keine sichtbare Abscheidung von Gasen stattfindet. Ich habe den Versuch mit meiner Thermosäule gemacht, und (wie bei den meisten Versuchen am Nerven) nur einige Glieder derselben verwendet. Als Polarisationszelle benützte ich eine kleine, mit einem Kork verschlossene, weithalsige Flasche. Durch den Kork gingen zwei Kupferdrähte, an welche Platinableche angelöthet waren. Die Flasche wurde

indem wir unseren Versuch mit der Wage so anstellen, dass wir diese gar nicht ausschwingen lassen mit alleiniger Belastung der einen Schale, so dass diese, da von vornherein Gleichgewicht hergestellt wurde, den Zuwachs durch die auszulösende Last gar nicht erhält, dann bekommen wir natürlich nur das der elektromotorischen Kraft der Kette entsprechende Gewicht. Lassen wir aber, wie bei unserer Art den Versuch anzustellen, die der Kette entsprechende Last erst ohne Gegengewicht wirken, so wird die Seite der Wage sinken, wird die Auslösung in Thätigkeit setzen, und einen Zuwachs an Last aufgelegt bekommen. Wenn nun jetzt ein Verfahren von uns angewendet wird, welches (gleich dem Capillar-Elektrometer) automatisch die andere Schale mit einem der drüben befindlichen Last gleichen Gewichte beschwert, so wird dieses der, um den Zuwachs vermehrten ursprünglichen Last, gleich sein müssen.

theilweise mit verdünnter Schwefelsäure gefüllt, in welche die Platinableche mit ihren unteren Hälften eintauchten. Die Zelle wurde in die, durch Fig. 3 dargestellte Versuchsanordnung, an Stelle der unpolarisirbaren Pinsel-Elektroden eingeschaltet. Der Erfolg entsprach ganz den hier entwickelten Grundsätzen, doch war der Versuch in dieser Form sehr unbequem, wegen der bekannten Schwierigkeit, die Platinableche in saurem Wasser unwirksam zu bekommen. Viel zweckmässiger ist der Versuch, wenn man die Platinaelektroden möglichst klein an Oberfläche macht, also sogenannte Wollaston'sche Spitzen anwendet, in Glasröhren längs deren Axe eingeschmolzene Platinadrähte, die nur mit einem punktförmigen Querschnitt am Ende des Glasrohres zu Tage liegen. Diese kleinen Oberflächen sind viel leichter durch die bekannten Methoden elektrisch unwirksam zu machen, so dass der hier beschriebene Versuch mit diesen Elektroden leicht mehrmals hintereinander angestellt werden kann, was bei Verwendung von Platinablechen vollkommen unmöglich ist. Wurden diese Spitzen-Elektroden (in saurem Wasser) einige Secunden vor dem Elektrometer in den Kreis der Kette geschaltet, so blieb doch, trotz der Leichtigkeit und Schnelligkeit, mit der die Spitzen sich depolarisiren, der Ausschlag des Meniscus beliebig lange, z. B. mehrere Stunden lang in seiner ursprünglichen stark verminderten Grösse bestehen — wodurch jener Einwand wohl völlig beseitigt erscheint.

Nach dem ganzen Princip unserer heutigen physikalischen Weltanschauung kann das auch gar nicht anders erwartet werden. Das Capillar-Elektrometer erzeugt bei mechanischer Verschiebung einen galvanischen Strom, welcher so lange besteht, als die Bewegung des Meniscus dauert. Wird dieser, etwa durch den Druck einer Quecksilbersäule, in seiner neuen Lage festgehalten, so geht von dem Instrumente kein Strom aus. Denn die neue Gleichgewichtslage des Systemes hat ja an sich nicht die Bedeutung einer continuirlich geleisteten Arbeit, wohl aber kommt die Bewegung des Meniscus durch Druck, so lange sie sich eben vollzieht, einer Arbeit gleich. In einer nassen Kette, oder in einer Thermosäule gehen chemische und thermische Processe vor sich, welche einen Verlust an potentieller Energie bedeuten, deren volles Aequivalent sich im galvanischen Strome, in der Erwärmung der Leiter u. s. w. in Form verwertheter oder verwerthbarer Arbeit wiederfindet. Dieser tritt nun das Capillar-Elektrometer mit seiner Bewegung entgegen, vernichtet die Arbeit, die es vorfindet; und sobald dies geschehen, ist Ruhe und Gleichgewicht im Systeme — die Umwandlung in der Kette ist sistirt — dieser Zustand in seiner Dauer bedarf so wenig einer Arbeit, als das Capillar-Elektrometer in seiner neuen Stellung eine solche leistet — es ist ganz der Fall, wie wenn ein frei fallender, schwerer Körper auf eine, seine Bewegung aufhaltende Unterlage trifft. Im ersten Momente wird er diese erwärmen, deformiren, er wird z. B. bis zu einer

gewissen Tiefe in sie eindringen — dann aber ist Ruhe — dieselbe Ruhe, die das Galvanometer in einem Kreise anzeigt, in welchem eine Stromquelle und ein Capillar-Elektrometer sich befinden. Die Deformation aber, welche die Unterlage erlitten hat, hängt nur von der Kraft ab, mit der sie getroffen wurde, nämlich von der lebendigen Kraft der fallenden Masse, so wie die Deformation am Capillar-Elektrometer nur von der elektromotorischen Kraft, von der es eben betroffen wurde, abhängt. In diesen beiden Fällen wird durch ein Moment, welches einem, nach dem allgemeinen Gesetze aller conservativen Systeme sich abspielenden dynamischen Vorgange in den Arm fällt, an diesem Vorgange eine Arbeit geleistet, die, indem sie sich mit den Kräften, die sie vernichtet, zu Null aufhebt, einen stabilen Gleichgewichtszustand herstellt, einen Zustand, welcher, aller Spannungen, die innerhalb des neuen Systemes bestehen mögen, ungeachtet, aus seiner relativen Ruhe nur durch eine äussere Einwirkung wieder zu befreien ist. Wer im Stande ist, an jenem Momente, das sich der lebendigen Kraft der Bewegung, diese vernichtend, entgegenwarf, noch nachträglich, aus der Beobachtung seiner Deformation, die Arbeit, die es bei jener Vernichtung geleistet hat, zu bemessen; der kann danach natürlich auch noch nachträglich die vernichtete Kraft bemessen: in dieser Lage befinden wir uns gegenüber dem Capillar-Elektrometer — obwohl wir über die besondere Art, durch welche es am Strome gerade so viel Arbeit leistet, als er elektromotorische Kraft besass, keine Auskunft zu geben vermögen. Das Capillar-Elektrometer vernichtet, compensirt also genau die Kraft, die sich ihm darbietet, ganz wie im vorigen Beispiele alle lebendige Kraft vernichtet wurde, abgesehen von dem Umstande, ob etwa ein Theil dieser lebendigen Kraft, wegen der besonderen Bedingungen des Systemes erst allmählich in Folge der Bewegung, die von einem anderen Theile herrührte, sich entwickelt hatte — sobald Gleichgewicht im Systeme herrscht, ist keine Kraft in ihm thätig; und wenn das Gleichgewicht zu einer bestimmten Zeit durch einen bestimmten Vorgang hergestellt wurde, und wir dies sicher wissen, so wissen wir auch, dass dieser Vorgang der Summe der, zu jener Zeit im System wirksamen Kräfte, gleichwerthig war. War die ursprüngliche Kraft des Stromes zur Zeit als er vom Capillar-Elektrometer compensirt wurde, durch einen vom Strome ausgelösten Zuschuss positiver Polarisation vermehrt, so wird am Capillar-Elektrometer ein grösserer Ausschlag diese grössere Kraft dauernd anzeigen, und ein grösserer Repositionsdruck sie messen — ebenso, wenn durch die physikalische Polarisation die Kraft des Stromes vermindert ist, so wird dieses Instrument diese geringere Kraft dauernd mittels eines geringeren Ausschlages anzeigen, und wird sie durch einen geringeren Repositionsdruck messen. Von jenen inneren Zuständen, durch welche die hier betrachteten Gleichgewichtsfälle sich von einfachen Fällen

statischen Gleichgewichtes unterscheiden, kann man sich auf verschiedene Art überzeugen. Da aber eine erschöpfende Untersuchung hierüber sehr weit führen würde, so erwähne ich nur den folgenden Versuch. Der Kupferpol eines Daniell'schen Elementes sei durch einen blanken Draht mit der unteren Quecksilbermasse eines Capillar-Elektrometers, der Zinkpol des Elementes mit der oberen Quecksilbermasse in der Capillare, ebenfalls durch einen blanken Draht, verbunden; und das Ganze sei gut isolirt aufgestellt. Der Meniscus in der Capillare ist unter dem Einfluss des Elementes dauernd verschoben. Wenn wir nun den einen der blanken Verbindungsdrähte mit der Erde leitend verbinden, indem wir von einem beliebigen Punkte desselben ableiten, so ändert sich dadurch, so viel zu sehen ist, nichts. Verbinden wir aber nun den anderen Leitungsdraht mit einem Thomson'schen Quadrant-Elektrometer, so bekommen wir an diesem einen Ausschlag, der derselbe ist, von welcher Stelle des Drahtes wir auch ableiten mögen, und der der ganzen Kraft eines Daniell's entspricht. An unserer ganzen Vorrichtung, besonders am Stand des Meniscus wird auch hierdurch keine sichtbare Veränderung herbeigeführt. — Ich habe diesen Versuch nicht wirklich angestellt, und führe ihn mit seinem selbstverständlichen Ergebniss an, weil er die Art des hier bestehenden Gleichgewichtes illustrirt. Der Versuch ist in Wirklichkeit vor fünf Jahren von meinem Freunde, Hrn. Franz Exner, Professor der Physik an der hiesigen Universität, an zwei Daniell'schen Elementen angestellt worden, die durch Drähte mit einander zu einem Kreise verbunden waren. Dieser Kreis war stromlos, wegen der gleichen und entgegengesetzten Kraft der beiden Elemente, deren eines, bei der obigen Anordnung, in Allem und Jedem durch das Capillar-Elektrometer ersetzt ist.

Hr. Franz Exner hat, wie aus der Darstellung, die er von diesem Versuche in seiner Abhandlung „Die Theorie des galvanischen Elementes" (Wiener akad. Sitz. Ber., 82. Bd., 2. Abth. 1880) auf S. 419 giebt, den Versuch nur aus dem Grunde mit zwei Daniell'schen Elementen angestellt, weil ihm kein Voltameter zur Verfügung stand, welches, wie das Capillar-Elektrometer, den Strom des einen Daniell wirklich, und mit absoluter Genauigkeit zu Null compensirt — denn auch bei dem Versuch, wie ihn mein Freund damals anstellte, war der zweite gegengespannte Daniell nur ein Ersatz. Für Hrn. F. Exner handelte es sich damals um genau denselben Fall, um den es sich mir hier handelt. Der Fall mit den beiden gegen einander geschalteten Daniell'schen Elementen wird sofort klar, wenn man diese Combination als das, was sie wirklich ist, nämlich als ein einziges, nicht geschlossenes Daniell'sches Element mit doppelt so grossen Kupfer- und Zink-Platten betrachtet. Um dieses Element in sich zu schliessen, müsste man einen Punkt des, die Zinke verbindenden

Drahtes, mit einem Punkte des, die Kupferplatten untereinander verbindenden Drahtes, in leitende Verbindung setzen. Dass ein Pol eines offenen Elementes, dessen zweiter Pol zur Erde abgeleitet ist, eine freie Spannung zeigt, welche dem ganzen Unterschiede der Spannungen an den beiden Polen dieses Elementes gleich ist — das ist ja ganz allgemein bekannt. Da nun ein, in den Schliessungsbogen eines Daniell'schen Elementes gesetztes Capillar-Elektrometer ganz und gar dieselbe Rolle spielt, bezüglich des, vom Elemente ausgehenden Stromes, wie ein, in diesen Schliessungsbogen verkehrt eingeschaltetes zweites Daniell'sches Element, so hat man, dem eben Gesagten zufolge volles Recht, die Sache so aufzufassen, dass das Capillar-Elektrometer den Stromkreis, in den es eingeschaltet wird, zerreisst, ihn in einen nicht in sich geschlossenen verwandelt. Auch bei dieser Betrachtungsweise bleibt über die Berechtigung des Schlusses, den ich aus meinen Versuchen am Capillar-Elektrometer über den interpolaren Elektrotonusstrom ziehe, kein Zweifel bestehen.

Es ergiebt sich also aus der Betrachtung des früher erwähnten Falles der Vernichtung einer, als Bewegung von Materie sich äussernden lebendigen Kraft, mittels eines Ruhe erzwingenden Widerstandes, der, in der Deformation die er hierbei erfahren, ein dauerndes Denkmal geworden ist für den Betrag der damals von ihm vernichteten lebendigen Kraft, indem es Jedem, der aus der Grösse der Deformation die hierfür verbrauchte Arbeit zu bestimmen vermag, auch die Grösse der lebendigen Kraft verkündet, die jener Arbeit eben gewachsen war — aus der Betrachtung dieses Falles ergiebt sich, wie wir gesehen haben, nach allgemeinen mechanischen Grundsätzen dasselbe Resultat, welches auch der Versuch mit der Polarisationszelle im Kreise der Kette und des Capillar-Elektrometers ergeben hat. Dieser Versuch ist gewiss für diesen Fall sehr beweisend, da er eine so weit gehende Analogie besitzt mit dem eigentlichen Fall, den wir zu betrachten haben, nämlich mit dem des Nerven in gleicher Anordnung; dass man eigentlich — so lange über die Natur der im Nerven zu suchenden, vom polarisirenden Strome abhängigen Kraft keine nähere Annahme gemacht ist — einen Unterschied zwischen beiden Fällen gar nicht auffinden kann. Wegen dieser Beziehung zu einem, ohne nähere Betrachtung nicht zu erledigenden Bedenken, das jedoch für die Beurtheilung der experimentellen Grundlagen dieser Untersuchung sehr bedeutsam scheint, habe ich die Betrachtung dieses Falles der Polarisation nicht entbehren können; nachdem er uns geholfen hat, das erwähnte Bedenken völlig zu beseitigen, hat der besagte Fall unser Interesse erschöpft, wir bedürfen und erwähnen seiner nicht weiter, was ausdrücklich gesagt wird, um jegliche Vermuthung, als sei dieser Fall zum Behufe und als Einleitung einer Discussion von Theorien des Elektrotonus herangezogen worden, von vornherein zu beseitigen.

Eine solche Discussion ist — wie ich schon oben angedeutet habe — auf Grund der einen, hier mitgetheilten Thatsache gewiss noch nicht an der Zeit, wie Jeder daran bemerken kann, dass bei dem Versuche einer Verknüpfung dieser Thatsache mit dem bisherigen Besitz an hypothetischen Vorstellungen über den Elektrotonus, sich ihm sofort nachweisliche Fragen aufdrängen werden, auf welche die Antwort nicht bekannt ist. Diese Fragen sind es eben, welche hauptsächlich in den Versuchen, die im zweiten Theile zu beschreiben sind, ihre Antwort finden; und von denen ich in diesem ersten Theile noch ganz zu schweigen beschlossen habe, obwohl die eine und die andere von ihnen experimentell bereits erledigt ist, weil ich eben eine systematische Behandlung des Stoffes für den zweiten Theil vorhabe, und dort zu Wiederholungen dessen gezwungen wäre, was ich hier, noch Weiteres anticipirend, vorbringen würde.

Dass ich nicht mit der Veröffentlichung überhaupt gewartet habe, bis ich mit Allem fertig war, hat ausser Motiven privater Natur auch die Gründe, dass mir erstens die hier mitgetheilte Thatsache so unerwartet und merkwürdig erscheint, dass vielleicht schon dieser Umstand ihre isolirte Mittheilung und Besprechung rechtfertigt, zweitens aber lassen sich bei der Erörterung der Versuchsbedingungen an diese Thatsache — wie wir gesehen haben — Regeln für physiologische Experimente mit dem Capillar-Elektrometer, und Grundsätze über die Beurtheilung der Ergebnisse solcher Experimente leicht und übersichtlich anknüpfen; und es wird erwünscht sein, sich auf diese Regeln und Grundsätze in der späteren Darstellung einfach berufen zu dürfen. Hierfür aber ist es wichtig, aus der Aufnahme, welche dieser erste Theil findet, zu erfahren, ob diese Standpunkte wirklich als hinreichend befestigt angesehen, und also künftig ohne Weiteres eingenommen werden dürfen.

Der Redensart, welcher man am Schlusse von vorläufigen oder fragmentarischen Mittheilungen so oft begegnet: „ich behalte mir . . . vor“ kann ich weder Sinn noch Berechtigung beimessen, und ich glaube, dass eine Andeutung über den Weg, den man zunächst einzuschlagen gedenkt, nur den Zweck haben kann, den Einfluss des Zufalls einzuschränken, und es Jedem in sein Belieben zu stellen, ob er Einen auf dem angegebenen Weg begleiten, begegnen oder vermeiden will. Nur in dieser Absicht bezeichne ich als Gegenstand der, für den zweiten Theil bestimmten, theilweise schon durchgeführten Versuche: die gleichzeitige Anwendung zweier Capillar-Elektrometer auf die Fragen des inter- und extrapolaren Elektrotonus, in dem Sinne, dass die bekannten, mittels Intensitätsmessung zu unserer Kenntniss gelangten Veränderungen im elektromotorischen Verhalten gewisser Theile lebender Nerven, nun einer Prüfung und Messung durch die elektrische Capillare unterzogen wurden, oder werden sollen. Von den Experimenten,

welche ich mit diesem neuen Behelfe zu wiederholen beschloss, sind auch solche, die eine gleichzeitige Untersuchung des Grades der Erregbarkeit involviren, nicht ausgeschlossen, ebensowenig jene Gruppe, welche sich mit der Rückwirkung dauernder Erregung auf polarisirende Ströme befasst, wie z. B. das bekannte Experiment von Hrn. Gruenhagen, bei welchem der Nerv an seinem einen Ende tetanisirt wird, und viele andere. Nur eine Beschränkung habe ich mir auferlegt, von deren Art und Beweggrund ich auch schon gesprochen habe: es ist die Beschränkung auf die Beobachtung stationärer Vorgänge oder Zustände. Sie hat übrigens ausser dem, am Anfang des § 3 angegebenen Grunde, einen weiteren Grund auch noch darin, dass behufs einer Anwendung des Capillar-Elektrometers auf die flüchtigen und wechselnden Zustände, unmittelbar nach der Einwirkung galvanischer Ströme auf die irritablen Gebilde, vorerst noch wieder eine Reihe physikalischer und methodischer Fragen gelöst werden müssten. Hingegen habe ich Versuche an lebenden Muskeln, welche durch gewisse Angaben über stationäre elektromotorische Veränderungen dieser Gebilde nahe gelegt waren, in den Plan meiner Untersuchung mit aufgenommen, deren ersten Theil ich hiermit schliesse.

Der zweite Theil wird in kurzer Zeit nachfolgen.

Untersuchungen über den Stoffwechsel isolirter Organe.

I.

Ein Respirationsapparat für isolirte Organe.

Von

Max von Frey und **Max Gruber.**

(Aus dem physiologischen Institut zu Leipzig.)

(Hierzu Taf. IV.)

Die Methoden, welche zum Studium des Stoffwechsels isolirter Organe bisher in Anwendung gekommen sind, machen stets nur einen Theil des Processes der Messung zugänglich. Es handelte sich entweder um die Bestimmung des Gasaustausches zwischen Blut und Gewebe und man schloss auf dessen Grösse aus der Analyse von Stichproben, welche dem künstlich eingeleiteten Blute vor und nach dem Durchtritt durch das athmende Gewebe entnommen waren, wie dies Ludwig und Schmidt[1] zuerst gethan haben. Bei der Schärfe der gasometrischen Bestimmungen werden hierbei selbst kleine Aenderungen noch bemerklich, von einen Nachweis nicht gasförmiger Producte muss hingegen Abstand genommen werden. Oder die Untersuchung war gerade auf diese nicht flüchtigen Umsetzungsproducte gerichtet. Dann wurde, der Analyse wegen, eine beschränkte Blutmenge wiederholt durch das Organ geführt und nach jedem Durchgang von neuem arteriell gemacht — wir erinnern an die Arbeiten von Bunge und Schmiedeberg,[2] v. Schröder[3] u. A. Hierdurch wurde eine Anhäufung der gewünschten Producte erzielt, auf die Messung des Gaswechsels aber verzichtet.

[1] *Arbeiten aus der physiologischen Anstalt zu Leipzig.* 1868. S. 1.
[2] *Archiv für experimentelle Pathologie.* Bd. 6. S. 233.
[3] *Ebenda.* Bd. 15. S. 364.

Ohne den grossen Werth der Resultate, welche durch jede der beiden Verfahrungsarten gewonnen sind, in Frage zu stellen, muss doch behauptet werden, dass eine erschöpfende Kenntniss des Stoffwechsels ausgeschnittener Organe sich durch dieselben nicht wird erzielen lassen. Es kann die Voraussetzung nicht gemacht werden, dass die beiden Abschnitte des Stoffwechsels welche einzeln zur Beobachtung gelangten, ohne gegenseitige Beeinflussung nebeneinander herlaufen. Es zeigen die Versuche von Minot,[1] dass die Natur und Menge der auftretenden Zersetzungsproducte von dem Gasgehalte der durchgeleiteten Flüssigkeit abhängig ist, ohne dass es bis jetzt möglich wäre über die Art der Abhängigkeit Genaueres auszusagen. Auf der anderen Seite lehren die Untersuchungen von Walter[2] und von Meyer[3] dass der Gasgehalt des Blutes unter dem Einfluss fremder Substanzen bedeutenden Schwankungen unterliegt, so dass die Erschliessung des Gaswechsels aus einer Folge von Blutanalysen nur unter gewissen Bedingungen zulässig sein wird.

Diese Erwägungen bestimmten uns die Herstellung eines Apparates zu versuchen, welcher sämmtliche Producte die der Stoffwechsel des ausgeschnittenen und künstlich durchgeleiteten Organes liefert, der Untersuchung zugänglich macht. Es sollte wie in der zweiten eingangs erwähnten Methode zum Zwecke der Anhäufung der nicht gasförmigen Producte nur eine mässige Menge Blut zu oft wiederholten Malen zur Durchleitung gelangen, ihre Arterialisirung aber stetig und in solcher Weise bewerkstelligt werden, dass die gesammten ausgetauschten Gasmengen gemessen werden konnten. Mit anderen Worten, es sollte in den durch eine Triebkraft hergehaltenen Kreislauf des Blutes ausser dem isolirten Organ noch eine Einrichtung aufgenommen werden, welche die Lunge zu ersetzen im Stande war. Wir lösten diese Aufgabe, indem wir das Blut in dünner Schichte an den Wänden eines abgeschlossenen Luftraumes ausbreiteten, aus dem es Sauerstoff aufnehmen und in den es seine Kohlensäure abgeben konnte. Das wieder hellroth gemachte Blut sammelte sich noch innerhalb des Raumes, aus welchem es durch eine Saug- und Druckpumpe in die Gefässe des Organs zurückgeführt wurde, ohne dass es auf dem Wege weiter Gelegenheit fand, seinen Gasgehalt zu verändern. Die einzelnen Stücke des Apparates sollen im Folgenden genauer beschrieben werden.

Eine schematische Abbildung giebt die angeheftete Tafel. Der Uebersichtlichkeit halber sind die hintereinander befindlichen Stücke des Apparates übereinander gezeichnet.

---

[1] *Arbeiten aus der physiologischen Anstalt zu Leipzig.* 1876. S. 1.
[2] *Archiv für experimentelle Pathologie und Pharmakologie.* Bd. VII. S. 148.
[3] *Ebenda.* Bd. XIII. S. 70. — Bd. XIV. S. 313. — Bd. XVII. S. 304.

Die künstliche Lunge.

Ein Glascylinder von 70 cm Höhe und 14 cm lichtem Durchmesser (G der Tafel) wird durch einen flachen Deckel und einen ausgebauchten Boden zu einem hohen flaschenähnlichen Gefäss geschlossen. Deckel und Boden sind aus starken Hartgummimassen geformt und haben mit Kautschuk gefütterte Falze zur Aufnahme der eben abgeschliffenen Ränder des Glascylinders. Vier über 70 cm lange, mit Gewinden und Muttern versehene Eisenstäbe, welche in den Boden eingeschraubt sind und durch Bohrungen des Deckels gesteckt werden, dienen dazu, die drei Stücke der Flasche fest aufeinander zu pressen und den Verschluss luftdicht zu machen. Deckel und Boden haben in der Axe der Flasche breite kreisförmige Ausschnitte oder Spunde und tragen gusseiserne, drehrunde Tubuli (T der Tafel), welche auf den Hartgummimassen aufgeschraubt und verkittet sind. Die kurzen Hälse der Tubuli ruhen auf je einem Paar fixer Rollen als Lager (in der Tafel nicht gezeichnet), in welchen sie sich sehr leicht drehen und welche so versetzt sind, dass die Axe der Flasche nicht ganz horizontal zu liegen kommt. Sie bleibt so viel geneigt, dass das venöse Blut, welches durch den oberen Spund einträufelt, an der Wand des Cylinders langsam gegen den Boden herabfliesst und sich in der Ausbauchung ansammelt, aus welcher es wieder abgesaugt werden kann. Wird nun gleichzeitig die Flasche in ihren Lagern in Drehung versetzt, so breitet sich das Blut in einer dünnen Schichte auf der ganzen inneren Oberfläche der Flasche aus, wobei ein energischer Gasaustausch stattfindet. An der drehenden Bewegung dürfen offenbar die Rohre, welche das Blut zu- und abführen, nicht theilnehmen; sie sind daher eingekittet in zwei gusseiserne Scheiben (S_1, S_2), welche in die Falze der Tubuli eingelassen, dieselben verschliessen, dabei aber durch einen vorspringenden Dorn gehindert werden, die drehende Bewegung mitzumachen. Sind die Flächen der Tubuli und der Scheiben, welche aufeinander gleiten, gut abgeschliffen, mit Vaseline gefettet und wird ausserdem jede Scheibe durch eine Metallfeder in ihren Falz hineingedrückt, so erhält man einen Verschluss, der selbst für beträchtliche Ueberdrucke im Inneren der Flasche dicht ist und dabei der Drehung geringe Reibungswiderstände entgegenstellt. Die sorgfältige Ausführung dieses wesentlichen Theiles des Apparates verdanken wir den HH. Baltzar und Schmidt in Leipzig.

Die in der Flasche eingeschlossene mit dem Blut verkehrende Luft bedarf ebenso wie die Lungenluft zur Erhaltung ihrer ursprünglichen Zusammensetzung einer Ventilation. Wir bedienten uns einer Vorrichtung, welche dem Apparate von Regnault und Reiset[1] nachgebildet ist. Zwei

[1] *Annalen der Chemie und Pharmakologie.* 1850. Bd. LXXIII. S. 92.

weite Glasröhren von gleichem Durchmesser und mit ausgezogenen Enden heben und senken sich abwechselnd in Quecksilber und wirken durch Vermittlung von Flüssigkeitsventilen als Saug- und Druckpumpen; sie saugen die Luft aus dem oberen Ende der Flasche, durch eine Bohrung in der Verschlussscheibe des Deckels, und drücken sie in das untere Ende zurück durch eine Bohrung in der Verschlussscheibe des Bodens. Beide Acte geschehen in Folge des alternirenden Ganges der beiden Pumpen gleichzeitig, d. h. so viel Luft als die eine Pumpe aus der Flasche zieht, so viel treibt die andere in sie hinein; es wird also eine Circulation der Luft hergestellt, ohne dass das Gesammtvolumen des Raumes sich ändert und ohne dass Druckschwankungen entstehen. Beschickt man die Flüssigkeitsventile mit Barytwasser, so kehrt die Luft kohlensäurefrei in die Flasche zurück, womit die eine Aufgabe der Ventilation erfüllt ist. Die andere Aufgabe, die Zuführung von Sauerstoff als Ersatz für den vom Blut absorbirten, findet nach Regnault und Reiset bekanntlich dadurch statt, dass von einem unter constantem Druck gehaltenen Sauerstoffvorrath kleine Mengen in den Athmungsraum übertreten, sobald in letzterem der Druck sinkt. Die Einrichtung wird um so empfindlicher arbeiten, je kleiner der Athmungsraum ist. Wir bestrebten uns dieser Forderung nachzukommen, indem wir die Luftwege so eng machten, als es ohne Störung der Aufgaben des Apparates geschehen konnte. Die wichtigste Raumersparniss bewirkte ein Cylinder aus starkem Eisenblech, der gewissermaassen den Kern der rotirenden Flasche darstellt. Er wurde in seiner Lage erhalten, einmal durch eine feste Verbindung mit dem Deckel der Flasche, von welchem er abgeschraubt werden konnte und dann durch vier vorspringende Kautschukfüsschen, mit welchen sein freies Ende den Glascylinder berührte. Diese Vorrichtungen sind in der Tafel als unwesentlich nicht gezeichnet. Die Benetzung des Füllcylinders mit Blut muss vermieden werden, weil sich sonst Flüssigkeitsbrücken zwischen dem Glas- und Eisencylinder bilden, welche von dem ventilirenden Luftstrom zu Schaum zerschlagen sehr bald in die Luftwege eindringen. Der Eisencylinder erhielt zu dem Ende, nachdem er vollständig gedichtet und mit Oelfarbe gestrichen war, noch einen dünnen Ueberzug von Paraffin, der zuweilen erneuert wurde. Durch den Füllcylinder wird der Binnenraum der Flasche von 15.4 Liter auf 6.2 Liter verringert, während die vom Blut benetzte Oberfläche unverändert blieb. Der gesammte Inhalt der Lufträume des Apparates betrug 7500 ^{Ccm}.

Die Messung des Gaswechsels.

Sobald der Druck im Athmungsraum sinkt, dringt Sauerstoff aus dem Gasometer nach, der nun seinerseits durch eine gleiche Menge der ab-

sperrenden Flüssigkeit verdrängt wird. Dabei wird die Mündung der Mariotte'schen Flasche frei, es tritt Flüssigkeit aus und der ursprüngliche Druck des Sauerstoffs wird wieder hergestellt. Man misst also den Sauerstoffconsum unter Berücksichtigung der Temperatur und der Barometerhöhe durch die Menge der Sperrflüssigkeit, welche aus der in Cubikcentimeter getheilten Mariotte'schen Flasche abgeflossen ist. Es ist bequem zwei solcher Flaschen zu haben, um sie rasch auswechseln zu können. Als Sperrflüssigkeit verwendeten wir eine concentrirte Lösung von Chlorcalcium, damit eine Verunreinigung des Sauerstoffs während der Dauer des Versuchs möglichst vermieden wurde. Der austretende Sauerstoff passirte ein Chlorcalciumventil (V), welches eine Diffusion zwischen Athmungsraum und Gasometer verhinderte und endlich noch ein Chlorcalcium-Manometer (M_3) an welchem der Druck im Athmungsraum abzulesen war. Man kann diesen Druck reguliren durch Aenderung des Druckes im Gasometer. Wir hielten ihn während der Versuche stets auf 1—2 mm Hg gleich 10—20 mm Chlorcalciumlösung. Kleine Schwankungen des Druckes innerhalb einer Versuchsperiode bedingen eine Correctur der Sauerstoffmessung, welche für jeden Millimeter $CaCl_2 = 0.1$ mm Hg 1 ccm Sauerstoff beträgt (s. auch Anhang zum II. Theil).

Eine weitere Correctur wird erforderlich, wenn die Temperatur der circulirenden Luftmasse nicht constant bleibt. Die Thermometer Th_1 und Th_2 geben darüber Auskunft. Bei Erniedrigung der Temperatur um 0.1° C. vermindert sich das Volumen der Luftmasse um $^{7500}/_{2730} = 2.7$ ccm, d. h. dieselben werden aus dem Gasometer ausgesaugt. Umgekehrt wird beim Steigen der Temperatur eine entsprechende Menge Sauerstoff von ihrem Eintritte zurückgehalten. Auch auf diese Fälle muss Rücksicht genommen werden.

Endlich bringt die Construction des Apparates noch eine dritte Veränderliche in's Spiel, welche den Zustrom des Sauerstoffs zu beeinflussen im Stande ist. In den Raum der rotirenden Flasche theilen sich Blut und Luft; es muss daher jede Verminderung der circulirenden Blutmenge einen Druckabfall im Athmungsraume, eine Vermehrung derselben eine Drucksteigerung zur Folge haben.

Daraus erwächst die Nothwendigkeit den Blutgehalt der Flasche jederzeit bestimmen zu können. Diesem Zwecke dient das weite mit $^1/_2$ proc. Kochsalzlösung gefüllte Rohr K, welches durch die Verschlussscheibe des Bodens gesteckt ist und gleich dem Saugrohr der Spritze bis in die Ausbauchung des Bodens hinabreicht. Ausserhalb der Flasche gabelt es sich in zwei Schenkel. Der eine Schenkel ist ein Manometer, dessen Luftsäule mit dem Binnenraum der Flasche communicirt; der Meniscus des Manometers wird sich also stets auf die Höhe des Blutniveau's in der Flasche einstellen. Wiederholte Aichungen stellten fest, dass eine Aenderung von 1 mm im Stande des Meniscus einer Zu- oder Abnahme der vorräthigen

Blutmenge im Mittel um 6 ccm entsprach. Der andere Schenkel des Rohres *K* führte zu einer Mariotte'schen mit derselben Kochsalzlösung gefüllten Flasche, deren Zweck es ist, den Verlust an Serum zu ersetzen, den das Blut bei länger dauernden Durchleitungen in Folge von Transsudation erleidet. Hievon wird bei der Besprechung des Blutkreislaufes noch die Rede sein. Die Gase, welche dem Blut mit diesen kleinen Mengen von Salzlösung zugeführt werden, können vernachlässigt werden.

Es ist endlich noch nöthig sich zu überzeugen, ob die Absicht des Versuches stets dieselben procentischen Mengen von Sauerstoff und Stickstoff in der Athmungsluft zu erhalten, verwirklicht ist. Zu dem Ende ist in eines der Ventilationsrohre ein Vierwegstück mit kleinen Glaskugeln (Luftproben der Tafel) aufgenommen. Die verbindenden Schlauchstücke einer Kugel konnten in jedem beliebigen Zeitmoment vierfach abgeklemmt, die Kugel herausgeschnitten und das Gas behufs Analyse in zwei Endiometer übergeführt werden. Auch jenseits der Barytventile wurden zuweilen Luftproben entnommen um sich zu überzeugen, dass die Kohlensäure bis auf Spuren absorbirt war.

Die Messung der absorbirten Kohlensäure geschah durch vergleichende Titrirung der ungebrauchten und der gebrauchten Barytlösungen, wobei die in den einzelnen Fläschchen vertheilten Mengen vereinigt wurden. Die Menge von Kohlensäure, mit welcher die aus der Flasche tretende Luft beladen war, ergab sich aus der Analyse der eben erwähnten Luftproben und wurde in der Regel zu einigen Zehntel Procent gefunden. Nimmt man an, was wohl richtig sein wird, dass die Luft, indem sie über das Blut streicht, sich proportional der zurückgelegten Wegstrecke mit Kohlensäure bereichert, so wird der procentische Gehalt der gesammten circulirenden Luft gleich der Hälfte des Kohlensäuregehaltes der Probe zu setzen sein. Diese Ueberlegung ist wichtig, wenn man ein Urtheil über die Grösse des Fehlers zu gewinnen sucht, welcher für die Messung der neugebildeten Kohlensäure dann entsteht, wenn der Gehalt der kreisenden Luft sich ändert. Solche Aenderungen müssen aber vorkommen, da die Ventilation des Apparates, ungleich der des thierischen Organismus, stets mit gleicher Geschwindigkeit sich vollzieht, und sie finden auch in den Analysen der Luftproben ihren deutlichen Ausdruck. Es ist namentlich das rasche Absinken der Kohlensäureproduction in den Versuchen bei Körperwärme bis auf die Hälfte des anfänglichen Werthes, welches zu einer Verminderung des Kohlensäuregehaltes der circulirenden Luft führen musste. Die beiden bedeutendsten Abfälle dieser Art die beobachtet wurden, fanden statt in den Versuchen vom

21. Mai 1884 von 0.44% auf $0.01\%\,CO_2$ in 3 Stunden und
16. Juni 1884 von 0.42% auf $0.07\%\,CO_2$ in 3 Stunden.

Der Kohlensäuregehalt der circulirenden Luft wird also nach obigen Betrachtungen

am 21. Mai 1884 in 3 Stunden oder 6 Versuchsperioden um $\frac{0{\cdot}43}{2} = 0.215\%$

d. h. innerhalb einer Periode um $0{,}036\% = 75 \times 0{\cdot}036$ $= 2.7$ ccm (uncorrig.) abgenommen haben, und ebenso

am 16. Juni 1884 um $\frac{35}{2} = 0.175\%$ in 6 Perioden; innerhalb einer Periode um $0{\cdot}029\% = 2{,}2$ ccm (uncorrigirt).

Diese Mengen müssen von der in den Barytventilen absorbirten Menge abgezogen werden. In allen übrigen Versuchen waren die Veränderungen viel geringer.

Es war wünschenswerth, dass am Ende jeder Versuchsperiode die Abwechselung der Barytlösungen rasch und ohne Unterbrechung der Luft-

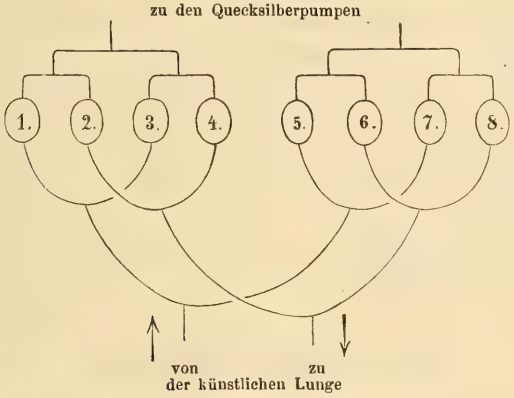


Fig. 1.

circulation vor sich gehen könne. Zu dem Ende waren acht Ventilfläschchen in den Apparat aufgenommen, von welchen durch Drehung einiger Hähne die eine oder die andere Hälfte aus der Röhrenleitung ausgeschaltet oder in sie eingeführt werden konnte. Der Uebersichtlichkeit halber ist in der Tafel nur die eine Hälfte der Vorrichtung gezeichnet und dafür in obenstehendem Schema (Fig. 1) die Anordnung gegeben, in welcher die acht Ventilfläschchen einerseits, mit den Quecksilberpumpen anderseits, mit der rotirenden Flasche verbunden waren. Es wird aus derselben leicht ersichtlich sein, dass durch Drehung von geeignet vertheilten Hähnen entweder die Ventile 1, 2, 5, 6 oder 3, 4, 7, 8 dem Luftstrom eröffnet werden können. Die für die Dauer einer Versuchsperiode ausgeschalteten Ventile konnten mit Musse geöffnet, die Fläschchen mit neuer Lösung beschickt und wieder geschlossen werden, um bei dem nächsten Wechsel ihrerseits an die Reihe zu kommen. Es wurde auf

diese Weise während jeder Versuchsperiode ein abgetrennter Theil des Apparates von etwa 200 ccm Rauminhalt in Verkehr mit der Luft gesetzt, was unbedenklich geschehen kann, solange die procentige Zusammensetzung der circulirenden Luft der atmosphaerischen gleich ist. Besteht ein Unterschied in beiden, so wird ein Verlust oder Gewinn von Sauerstoff für die Athmungsluft herbeigeführt, der für je 0·1 % abweichender Zusammensetzung 0·15 ccm Sauerstoff beträgt.

Recapituliren wir die verschiedenen Bestimmungen und Correcturen, welche wir zur Messung des Gaswechsels innerhalb einer halbstündigen Versuchsperiode als nothwendig gefunden haben, so ergeben sich folgende Ablesungen und Handgriffe, welche halbstündig wiederholt werden müssen:

Ablesung der Thermometer Th_1 und Th_2, des Chlorcalciummanometers M_3 und des Kochsalzmanometers K. Unmittelbar darauf wird die Mariotte'sche Flasche am Sauerstoffgasometer abgeklemmt, durch eine gefüllte ersetzt, und die Menge der abgeflossenen Lösung abgelesen. Durch Drehung der Glashähne werden nun die abgesperrten Barytventile mit dem Apparat in Verbindung gesetzt, dagegen die eben gebrauchten Ventile ausgeschaltet, geöffnet, die Barytlösung gesammelt und gut verschlossen für die Titration zurückgestellt. In die Ventile wird neue Lösung eingefüllt. In geeigneten Intervallen, jedenfalls aber zu Anfang und zu Ende des Versuches werden Luftproben abgenommen und in Endiometer übergefüllt. Am Schluss des Versuches wird auch aus dem Sauerstoffgasometer eine Probe entnommen.

Der künstliche Blutstrom.

Das Blut sollte fortwährend kreisen und nur an zwei Orten, in dem athmenden Gewebe und in der künstlichen Lunge, Gelegenheit haben seinen Gasgehalt zu verändern. Seine Bewegung musste daher in geschlossener, diffusionsdichter Bahn geschehen. Die ununterbrochene Circulation wurde durch eine kleine, 10 ccm fassende Injectionsspritze vermittelt, welche durch zwei Ventile in eine Saug- und Druckpumpe umgewandelt war. Die Einführung des Saugrohres in den Sammelraum der künstlichen Lunge ist bereits oben geschildert worden. Die kleine Spritze, deren Stempel sorgfältig gearbeitet und stets gut in Stand gehalten werden muss, ist an einem Stativ festgeschraubt. Ein Excenter, der an derselben Welle angebracht war, von welcher aus die künstliche Lunge und die Quecksilberpumpen in Gang gesetzt wurden, führt den Stempel auf und nieder; die Grösse der Excursion konnte durch Verstellung des Excenters variirt und die gewählte Einstellung an einem Maassstabe abgelesen werden. Es wurde sodann eine Tabelle angefertigt, in welcher für jeden Theilstrich des

Maassstabes die ausgeworfene Blutmenge, durch wiederholte Aichung bestimmt, verzeichnet war. Daraus ergiebt sich die Blutmenge, welche die Spritze in der Zeiteinheit liefert durch eine einfache Multiplication, wenn die Umdrehungszahl der Welle bekannt ist. Bei unseren häufigen Zählungen hat sich herausgestellt, dass dieselbe ausserordentlich constant ist, woraus folgt, dass die Regulirung der Gaskraftmaschine, welche den Motor des Institutes darstellt, eine sehr vollkommene ist.

Die Spritze war mit einem *T*-Rohr verbunden, dessen horizontaler Schenkel zwischen die beiden Ventile, das Saug- und Druckventil, aufgenommen war. Wir haben uns dieselben folgendermaassen hergestellt. Ein enges Glasrohr wird an zwei Stellen ein wenig ausgezogen und hierauf an einem Ende zugeschmolzen (s. Fig. 2). An einer Seite wird sodann ein Loch ausgeblasen, dessen Ränder glatt geschmolzen und auf dem Schleifstein eben geschliffen werden. Nun wird über das Glasrohr ein Stück dünnen Kautschukschlauches gezogen und zu beiden Seiten der Oeffnung

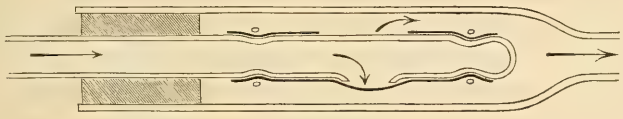


Fig. 2.

in den verengten Stellen festgebunden, der Schlauch endlich selbst der Länge nach angeschnitten, aber nicht über der Oeffnung des Glasrohres, sondern ihr gegenüber. Das Ganze wird in ein weiteres Glasrohr gesteckt. Je nach der Richtung des Druckabfalles wird entweder der Schlauch auf die Oeffnung gepresst und dieselbe verschlossen oder das Blut dringt durch die Oeffnung des Glases unter den Kautschuck und durch die Schnittstelle hervor.

Die Bluttemperatur. Da es wünschenswerth war, dass man in der Wahl der Bluttemperatur nicht beschränkt sei, andererseits aber der Gasmessung halber das Blut in der künstlichen Lunge die Temperatur des Zimmers haben musste, so entstand die Aufgabe die Temperatur des grossen Kreislaufes unabhängig zu machen von der des kleinen. Dies ist der Sinn der Schlangenrohre, die man in der Tafel gewahrt. Das isolirte Organ, das zur Durchleitung kommt, wird durch ein Wasserbad auf constanter übrigens beliebiger Temperatur gehalten. Die Temperatur des einfliessenden arteriellen Blutes wird geregelt durch einen Vorwärmer, die Temperatur des ausfliessenden venösen Blutes wird stets wieder auf das Niveau der Zimmertemperatur gebracht durch einen Kühler mit Wasserspülung.

Die Constanz der Temperaturen im Vorwärmer und Wasserbad wurde durch empfindliche Regulatoren gewährleistet, die wir uns nach Andreae's

Angaben[1] anfertigten und mit Aether beschickten. Die Wasserspülung des Kühlers kann man bei einiger Aufmerksamkeit mit der Hand befriedigend reguliren, doch ist es auch hier besser, wenn man sich einer automatischen Vorrichtung bedient. Dieselbe bestand in einem Temperaturregulator ganz derselben Art wie die obigen, nur war er statt mit Aether mit Aethylchlorid, Siedepunkt 10° C., gefüllt. Das im offenen Schenkel steigende Quecksilber schloss einen elektrischen Strom, der durch Vermittelung eines Elektromagnetes das Zuflussrohr des Kühlwassers öffnete, bei Oeffnung des elektrischen Stromes wieder schloss. Die Einrichtung wird durch Fig. 2 auf Taf. IV sofort verständlich werden. In einen Schenkel eines weiten *T*-Rohres war das Zuflussrohr eingesetzt. Durch den anderen Schenkel ragte das Ende eines Winkelhebels herein, welches das mit Kautschuk gefütterte Knöpfchen zur Verschliessung des Zuflussrohres trug. Das Wasser floss durch den dritten Schenkel in den Kühler ab; um zu verhindern, dass es an der Axe des Winkelhebels vorbei ausströmte, war über das obere Ende des *T*-Rohres die Hälfte eines kleinen Kautschukballons gestülpt und festgebunden. Das freie Ende des Winkelhebels trug den Anker des Elektromagnetes und die entgegenwirkende Spiralfeder.

In den Weg des Blutes waren ausserdem noch aufgenommen: Glaskugeln zur Entnahme von Blutproben, eine kleine Kugel (*I.* der Tafel), welche eventuell mitgerissene Luftbläschen auffangen sollte, ein arterielles und ein venöses Quecksilbermanometer, ferner drei Thermometer, welche so vertheilt waren, dass eines von dem arteriellen Blute unmittelbar vor seinem Eintritt, das zweite vom venösen Blut unmittelbar nach seinem Austritt aus dem Organ umspült wurde. Ein drittes liess die Wirkung des Kühlers controliren. Endlich waren noch sieben Glashähne über die Röhrenleitung vertheilt, von deren Zweck später die Rede sein wird.

Als ein Bestandtheil des Blutkreislaufes muss endlich in gewissem Sinne auch das Kochsalzrohr *K* mit seinen Anhängen aufgefasst werden, insofern, als es einerseits Fehler in der Sauerstoffmessung, welche durch Unregelmässigkeiten im Blutstrom entstehen, zu corrigiren gestattet, anderseits durch Zufuhr von Kochsalzlösung einer Verminderung des kreisenden Blutquantums entgegenarbeitet.

Wir haben dieser beiden Aufgaben bereits oben gedacht und erwähnt, dass durch Transsudation von Serum eine Verminderung des Blutes entstehen kann. Es könnte hiernach scheinen, als ob mit der Lösung der zweiten Aufgabe auch die erste erledigt wäre. Es giebt aber noch eine andere Ursache für Unregelmässigkeiten im Blutstrom, deren Compensation durch Zufuhr von Kochsalzlösung nicht möglich und auch nicht angängig

[1] Wiedemann's *Annalen* u. s. w. Bd. IV. S. 614.

wäre und welche es nöthig macht, dass der Blutgehalt der Flasche der Messung zugänglich sei. Seit den ersten Durchleitungsversuchen von Ludwig und Schmidt[1] und genauer noch seit den Versuchen von Mosso[2] an der Niere ist bekannt, dass in durchgeleiteten Organen der Tonus der Gefässe durch mannigfache Ursachen veränderlich ist. In welcher Art die Erscheinung bei unserer Durchleitungsmethode sich äusserte, kann erst im zweiten Theil, bei Gelegenheit der Beschreibung von Versuchen an bestimmten Organen Gegenstand der Schilderung werden. Hier sei nur besprochen, welchen Einfluss die Verengerung oder Erweiterung der Gefässe auf den Blutstrom in der künstlichen Lunge und damit auf den Gasdruck nehmen musste. Bei der Contraction der Gefässe entledigt sich das Organ eines Theiles des in ihm enthaltenen Blutes, und es muss daher solange die Verengerung fortschreitet, mehr Blut in die Zeiteinheit aus der Vene abfliessen als arterielles Blut von der Spritze eingetrieben wird; es findet eine Anhäufung von Blut in der künstlichen Lunge statt. Bei der Erweiterung der Strombahn füllt sich im Gegentheil das Organ mit Blut auf Kosten des Vorrathes in der Lungenflasche. Während des ersten Actes wird der Druck in der Lunge steigen und der Eintritt von Sauerstoff gehindert, während des zweiten Actes sinkt der Druck und der Sauerstoff wird angesaugt und dies alles wird stattfinden ohne Zufuhr von Kochsalzlösung von dem Rohre *K* her. Zum Schlusse ist ja das ursprüngliche Gleichgewicht wieder hergestellt; die aus dem Gasometer übergetretene Menge Sauerstoff wird den totalen Verbrauch auch völlig richtig angeben, die Vertheilung über die Zeit würde aber ohne Correctur falsch sein und daraus ergiebt sich sofort die Nothwendigkeit von dem Blutvorrath in der Lungenflasche stets unterrichtet zu sein.

Es dürfte sich empfehlen hier einem Missverständniss vorzubeugen, das leicht entstehen könnte. Da der Binnenraum der künstlichen Lunge einerseits durch den Sauerstoffgasometer, anderseits durch das Kochsalzrohr *K* nach aussen flüssig abgeschlossen ist, eine Druckverminderung in der Lunge also das Nachrücken von Sauerstoff und von Salzlösung zur Folge haben muss, so könnte die Befürchtung entstehen, dass der verzehrte Sauerstoff durch Salzlösung oder auch eine im Organ zurückgehaltene Blutmenge durch Sauerstoff Ersatz finden würde. Eine genauere Verfolgung der angenommenen Fälle wird aber zeigen, dass die Wirkung beider Ventile unbeschadet nebeneinander zu bestehen vermag. Berücksichtigt man, dass der Sauerstoff nie unter einem höheren Drucke als dem des Gasometers eintreten kann, so muss, sobald die Differenz zwischen dem Blutniveau *N* und

[1] A. a. O. S. 5.

[2] *Ebenda.* 1874. S. 56.

dem Kochsalzniveau N' grösser wird als dieser Druck, Salzlösung nachdringen; sie kann daran durch den Sauerstoff nicht gehindert werden. Ist dagegen die Differenz $N'—N$ gleich dem Druck im Gasometer, so muss jede Druckverminderung im Lungenraum zum Eindringen von Sauerstoff führen. Es wird also ebensowenig der Zutritt des Sauerstoffs durch die Salzlösung behindert werden können.

Dies im Wesentlichen die Bestandtheile, und die Wirkungsweise des Apparates. Es ist selbstverständlich, dass je nach dem Organ das für die Durchleitung ausersehen ist, je nach den besonderen Aufgaben des Versuches Aenderungen vorgenommen werden müssen und es war auch unser Wunsch, unsere Erfahrungen in dieser Richtung zu erweitern. Leider sind wir aber trotz halbjähriger gemeinsamer Arbeit über einige Vorversuche nicht hinaus gekommen, deren Ergebnisse wir zur Vervollkommnung des Apparates benutzt haben. Erst später hat der Eine von uns eine Versuchsreihe am Hintertheil des Hundes ausgeführt, welche im zweiten Theil dieser Abhandlung mitgetheilt ist. Hier sollen nur noch die den Versuchen vorausgehenden Prüfungen und Vorbereitungen des Apparates so wie einige Constanten desselben Erwähnung finden.

Die oberste Bedingung, welcher jeder Respirationsapparat genügen muss, ist die, dass er für die in Betracht kommenden Druckdifferenzen dicht sei. So schwierig diese Aufgabe bei der ersten Zusammenstellung eines vielgliederigen Apparates zu sein scheint, so ist sie doch, einmal gelöst, ohne allzugrosse Mühe immer wieder zu erfüllen, selbst wenn der Apparat nach jedem Versuche theilweise zerlegt, gereinigt und wieder zusammengestellt wird. Trotzdem sind jedesmal wiederholte Prüfungen unerlässlich. Wir prüften die einzelnen Stücke, dann den gesammten Luftraum des Apparates bei ruhender und bei rotirender Lungenflasche für Druckdifferenzen von einem Meter Wasser und darüber. Die Dichtung der Lungenflasche wurde bereits oben besprochen. Alle übrigen Luftwege waren aus Glas oder Kautschuk hergestellt, wenn man von den Absperrungen durch Salzlösung, Chlorcalcium und Quecksilber absieht. Wo es thunlich war, wurde Glas verwendet; an den Verbindungsstellen wurden die Röhren aneinandergestossen. Nur die Verbindungsstücke für die beiden Quecksilberpumpen, für die Luftproben, und für die Verschlussscheiben der Lungenflasche konnten nicht von Glas sein und wurden aus dickwandigem, vulkanisirtem, mit Paraffin getränktem Kautschuk hergestellt. Wir haben endlich um uns von der Diffusions-Dichtigkeit des Apparates zu überzeugen, noch folgenden Versuch angestellt.

Es wurde in die Lungenflasche durch einige Zeit Kohlensäure einge-

leitet, hierauf der Apparat geschlossen, die Flasche in Rotation und die Quecksilberpumpen, deren Ventile mit Wasser beschickt waren, in Gang gesetzt. Nach $2^h\,15^m$ wurde eine erste nach weiteren $3^h\,45^m$ eine zweite Luftprobe abgenommen. Die Analyse ergab für die

$$\text{I Probe} \begin{cases} 61{\cdot}91\,\% \ CO_2 \\ 62{\cdot}06\,\% \ \text{„} \end{cases}$$
$$\text{II. Probe} \quad 61{\cdot}98\,\% \ \text{„}$$

Ausser diesen vorbereitenden Prüfungen geben aber auch die zu jedem Versuch gehörenden Luftanalysen ein unzweideutiges Kriterium für die Dichtheit des Apparates. Da wir in dem Apparate stets einen geringen Ueberdruck herstellten, so musste jede Undichtigkeit zu einem Verlust von Athmungsluft, zu einem Nachströmen des Sauerstoffes und somit zu einer procentischen Zunahme desselben in den Luftproben führen. Wir haben diese Controle bei keinem Versuche unterlassen.

War der Apparat für einen Versuch zusammengestellt und dicht befunden, so erfolgte die Füllung der Röhre *K* und der Blutröhren mit Kochsalzlösung. In den Boden der Flasche wurden 100^{ccm} verbracht und durch Ansaugen sowohl das Rohr *K* als das Saugrohr der Spritze bis H_2 gefüllt. Darauf wurde der Hahn H_1 abgesperrt, von H_2 aus ein Rohr in ein Gefäss mit Salzlösung getaucht, und durch die in Gang gesetzte Spritze das ganze System der Blutröhren bis H_6 gefüllt, H_7 blieb geschlossen, die Kanülen für Arterie und Vene des Praeparates wurden durch einen Kautschukschlauch verbunden. Da für die Durchleitung eine starke Verdünnung des Blutes nicht erwünscht war, so wurde nach beendeter Füllung die Salzlösung bis auf die benetzenden Mengen wieder abgelassen. Nur die Spritze und ihre beiden Ventile blieben gefüllt um zu verhindern, dass das Blut beim Eindringen in die leeren Ventile zu feinem Schaum zerschlagen wird. Es wird dazu H_2 geschlossen, H_3 geöffnet und die Salzlösung durch H_6 ausgetrieben. Der Apparat war nun zur Füllung mit Blut vorbereitet; dieselbe soll im zweiten Theil beschrieben werden. Die Menge von Kochsalzlösung die im Apparate zurückblieb, war jedesmal bekannt und betrug in der Regel 150^{ccm}, das ist etwa ein Sechstel der später eingeführten Blutmenge, dieselbe im Mittel gleich 900^{ccm} gesetzt.

Nach Schluss des Versuchs wurde das Blut behufs Analyse gesammelt, die Lungenflasche zerlegt, die einzelnen Stücke gereinigt und getrocknet. Aus den Röhren wurden die Blutreste durch Kochsalzlösung verdrängt, diese durch Wasser und endlich das ganze System mit 3 procentiger wässriger Carbollösung bis zum nächsten Versuch gefüllt erhalten. Die im Apparat kreisende Blutmenge ist jedesmal zu bestimmen, sie ändert sich mit der Grösse des durchgeleiteten Organs. Ihre Vertheilung lässt sich angeben,

wenn der Rauminhalt der Blutröhren und der Gehalt der Lungenflasche bekannt ist.

Die Auswägung der Blutröhren ergab

für die arterielle Leitung ohne Blutproben	165 ccm
„ „ beiden Blutproben	200 „
„ „ venöse Leitung	155 „

Der Blutgehalt der Lungenflasche schwankte je nach der Füllung des Sammelraumes zwischen 350 und 400 ccm. Die vom Blut benetzte Oberfläche der künstlichen Lunge berechnet sich auf 4200 □cm, auf welchen durchschnittlich 210 ccm Blut ausgebreitet sind. Es kommt also auf den Quadratcentimeter $^1/_{20}$ ccm Blut oder eine Schicht von etwa 0.5 mm Dicke. Die Umdrehungszeit der Flasche betrug stets 2 Secunden. Die Lufträume des Apparates wurden mit Wasser ausgewogen und ihr Inhalt gefunden:

Rotirende Flasche	6.2 Liter
Röhrenwege	1.7 „
Summa	7·9 Liter
Blutgehalt der Flasche	0·4 „
Luftraum des Apparates	7·5 Liter.

II.

Versuche über den Stoffwechsel des Muskels.[1]

Von

Max von Frey.

(Aus dem physiologischen Institut zu Leipzig.)

Die Versuche, welche bestimmt waren die Brauchbarkeit des soeben beschriebenen Apparates zu erproben, wurden an dem Hintertheil des Hundes ausgeführt. Das Thier wird durch Verblutung getödtet. Unmittelbar nachdem das Herz aufgehört hat zu schlagen, werden die Bauchdecken dicht am Rippenrande durchtrennt, die Eingeweide in die Höhlung des Zwerchfells gedrängt und mit Ausnahme des untersten von der Arteria mesenterica inferior versorgten Stückes des Mastdarms von ihrem Mesenterium abgelöst; der Stumpf des Mastdarmes wird unterbunden. Endlich wird die Wirbelsäule sammt ihren Muskelmassen zwischen Brust- und Lendentheil, oberhalb der Nieren durchschnitten. Das Praeparat ist hierdurch vollkommen abgetrennt und enthält an Eingeweiden nur noch die Nieren und die im kleinen Becken befindlichen Theile. Der nächste Act ist die Einsetzung je einer Glascanüle in die Vena cava und Aorta, und zwar dicht unterhalb des Abgangs der Nierengefässe. Die Nieren werden also nicht in den künstlichen Kreislauf aufgenommen; ihre vollkommene Ausschliessung erfolgt durch eine Fadenschlinge, welche die durchschnittenen Muskeln der Lendenwirbelsäule umgreift und zwischen den Nieren und den Glascanülen durchgezogen wird. Unmittelbar darauf, d. h. 10 bis 15 Minuten nach dem Tode des Thieres, beginnt die Einleitung von defibrinirtem Blut, wozu die kleine Spritze des Apparates und von

[1] Alle Gasmengen beziehen sich auf 1 m Druck und 0° C. Temperatur.

dem System der Blutröhren die Strecke H_2 bis H_4[1] benutzt wurde. Die vollständige Einschaltung des Praeparates in den Apparat ist noch nicht thunlich, weil die ersten Mengen des fermentreichen defibrinirten Blutes bei ihrer Mischung mit den ungeronnenen Blutresten des Praeparates zu voluminösen Gerinnseln Veranlassung geben, welche leicht den Apparat verstopfen könnten. Ausserdem muss erst die Verschliessung aller durchschnittenen Gefässe bewirkt werden.

Um über genügende Blutmengen zur vorläufigen Durchspülung zu verfügen, wurde vor jedem Versuche ein grosser Hund[2] verblutet, das Blut geschlagen und colirt. In die gewonnene Blutmenge wurde von dem Hahn H_2 aus ein Rohr eingesenkt, die Arterie des Praeparates durch einen langen Schlauch mit H_4 verbunden, die Spritze in Gang gesetzt, H_1 und H_5 blieben geschlossen. Das Blut, welches aus der Vene des Praeparates kam, floss in eine Schale und wurde nicht weiter verwendet.

Die Unterbindung aller einzelnen durchschnittenen Gefässe des Praeparates würde eine langwierige Arbeit sein und doch vor Blutung nicht genügend sicher stellen. Für die vorliegende Untersuchung musste aber diese Gefahr völlig beseitigt sein, da die Constanz der kreisenden Blutmenge eine Voraussetzung der Methode war. Die Erfahrung lehrte, dass durch drei Massenligaturen die sämmtlichen Gefässe der Schnittwunde vollkommen sicher verschlossen werden konnten. Die erste derselben galt den durchschnittenen Venen des Wirbelcanals und wurde hergestellt durch einen kleinen Kork, der nach Abtragung eines kurzen Stückes Rückenmark etwa 5 mm weit in die Höhlung eingesteckt wurde. Aus den Gefässen des Rückenmarks selbst habe ich Blutungen nicht beobachtet; sie hätten mir nicht entgehen können, da wiederholt ein in der Mitte durchlochter Kork angewendet wurde. Die zweite Gesammtligatur hatte die ganze Muskelmasse zu umgreifen, welche den Stumpf der Lendenwirbelsäule einhüllt. Demselben Zwecke diente schon die erwähnte Fadenschlinge, welche unterhalb der Nieren durchgezogen worden war; sie konnte aber nur als eine provisorische Ligatur gelten, welche grössere Blutverluste bei der vorläufigen Durchspülung verhindern sollte. Die Stillung der Blutung aus den tiefliegenden, zunächst der Wirbelsäule verlaufenden Gefässen gelingt nur durch sehr kräftige Compression. Es wurde daher der Wirbelstumpf sammt Muskeln und Rückenhaut von den Armen einer starken eisernen Zange umfasst und durch Anziehen von Schrauben eingeschnürt. Die Nieren wurden hierauf entfernt. Ein Verlust von Blut kann jetzt nur noch aus den durchschnittenen Gefässen

---

[1] Siehe Tafel IV. Fig. 1.

[2] Es sei bemerkt, dass alle Thiere durch 24 Stunden vor dem Versuch nüchtern gehalten wurden.

der Bauchwand eintreten; ihn zu verhindern ist die Aufgabe der dritten Massenligatur. Ich habe zu diesem Zwecke einen Reif anfertigen lassen, der sich als ein sicheres und bequemes Hülfsmittel bewährt hat. Ein Streifen von starkem Eisenblech, 25 cm lang und von Gestalt wie Fig. 1, wird mit seinem breiten mittleren Theil zu einem Halbkreis gebogen, die schmäleren Enden werden nach innen umgeschlagen, hier um zwei kurze Eisenstäbe gewunden und mit denselben fest vernietet; endlich werden die Ränder des halbkreisförmigen Theils nach aussen umgekrämpt, so dass eine Kehle entsteht (Fig. 2). Der Reif muss von einer Grösse sein, dass er sich in die Bauchhöhle des Praeparates bequem einführen lässt. Dabei sollen die Bauchwandungen über dem Reif zu liegen kommen, die nach innen gebogenen Enden ruhen auf den Querfortsätzen der Wirbel; es bleibt somit nur der Wirbelkörper mit den auf ihm liegenden grossen Gefässen frei.

Fig. 1.

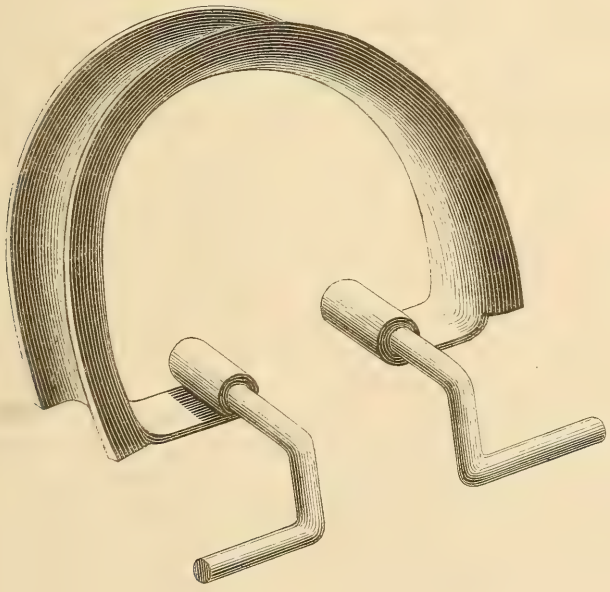


Fig. 2.

Wird nun ein starker Draht über den Weichtheilen in die Kehle des Reifes gedrückt, hinter der Wirbelsäule herumgeführt, seine Enden von einer passenden Schnürvorrichtung gefasst und angezogen, so sind sämmtliche Weichtheile — Haut und Muskeln — durch die eine Schlinge umfasst und deren Gefässe unterbunden, indem sie entweder direct oder durch Ver-

mittlung des Eisenreifes gegen die Wirbelsäule als den festen Punkt gedrückt werden. Nur für die Arterien der tiefen Rückenmusculatur ist diese Ligatur zuweilen nicht zureichend, weshalb noch die oben genannte Wirbelzange in Anwendung kam. Um ein Umkippen des schmalen Reifes zu verhindern, erhielt er vermittelst der beiden doppelt knieförmig gebogenen Eisenstäbe eine Führung in der Wirbelzange, in welcher er sich wie in einem Charnier bewegen konnte. Den Schluss der Vorbereitungen am Praeparat bildete das Aufbinden einer Schürze aus Kautschuktuch in der Kehlung des Eisenreifes. Die Schürze wurde nach rückwärts über die Lichtung des Reifes gespannt, um die Glascanülen und die Wirbelsäule geschlungen und hier nochmals festgebunden. Sie hatte die Aufgabe, Verdunstung aus der Bauchhöhle und Diffusion von Gasen hintanzuhalten. Auch von der Füllung der Bauchhöhle mit Kochsalzlösung habe ich zu diesem Zwecke Gebrauch gemacht.

Damit war das Praeparat zur Aufnahme in den Apparat fertig. Die Umschaltung verlief mit einer Unterbrechung der Blutleitung während der Dauer von etwa einer Minute in folgender Weise. Der Gang der Blutspritze wird abgestellt, der Hahn H_4 gesperrt und seine Verbindung mit dem Praeparat gelöst. Das Praeparat wird bis an den Eisenreif in das Wasserbad versenkt und in dieser Stellung festgehalten. Die Canülen der Aorta und Cava mit den Enden der Blutleitung verbunden, Hahn H_5 geöffnet, die Blutspritze neuerdings in Gang gesetzt. Das Blut wird also noch immer durch den Hahn H_2 dem Vorrathsgefäss entnommen, welchem nun auch das inzwischen colirte geschlagene Blut des zum Versuche dienenden Hundes zugemischt ist. Das venöse Blut dringt jetzt durch den Kühler an dem geschlossenen Hahn H_6 vorbei und durch H_7 gegen den Athmungsraum vor. Die künstliche Lunge und ihre Ventilation werden daher in Gang gebracht, der Kreis der Luftröhren aber noch an einer Stelle offen gehalten, so dass die gebrauchte Luft von Zimmerluft ersetzt wird. Der Sauerstoffgasometer ist durch den Hahn H_3 gesperrt. Inzwischen beginnt das Venenblut in die rotirende Flasche zu rieseln; es überzieht die innere Oberfläche derselben und fällt endlich mit arterieller Farbe in den Sammelraum. Sofort beginnt das Kochsalzmanometer zu steigen, die zunehmende Füllung anzeigend. Ist die Blutmenge im Boden der Flasche auf etwa 180 ccm gestiegen, so wird durch gleichzeitige Oeffnung des Hahnes H_1 und Sperrung von H_2 die Spritze gezwungen, das Blut aus der rotirenden Flasche zu nehmen; der Kreislauf ist geschlossen. Unmittelbar darauf erfolgt die Schliessung der Luftwege und die Oeffnung des Sauerstoffgasometers. Hat sich im Luftraum des Apparates der gewünschte kleine Ueberdruck hergestellt, so dass der Meniscus im offenen Schenkel des Kochsalzrohres eine constante Lage aufweist, so wird die Kochsalzflasche

angesetzt. Alle Theile des Apparates sind nun in Thätigkeit, doch beginnen die Messungen erst später, frühestens nach einer halben Stunde. Diese Zeit dient zur Regulation der Blutgeschwindigkeit, der Temperaturen und Drucke; sie soll ferner eine gleichmässige Mischung des Blutes und den Ausgleich der Gasspannungen herbeiführen.

Das Praeparat, dessen Herstellung oben besprochen wurde, besteht im Wesentlichen aus drei Gewebsarten: Muskel, Haut und Knochen. Die Erscheinungen des Stoffwechsels, welche an ihm zur Beobachtung kommen, werden daher gleich der Summe der Umsetzungen sein, welche jedem der drei Gewebe für sich zukommen. Hierbei ist der Muskel der bestimmende Theil, die Eigenthümlichkeiten seines Stoffwechsels müssen unbedingt zum Ausdruck kommen, nicht nur weil er im Gesammtgewicht des Praeparates mit dem grössten Antheil (60 Procent und darüber) vertreten ist, sondern weil er ausserdem am reichlichsten vom Blut durchströmt wird. Die Haut zeigt ein wechselndes Verhalten. Bei Körperwärme ist sie geröthet; Einschnitte führen zu kleinen Blutungen; unter Körperwärme wird sie blass und so blutarm, dass man gefahrlos einschneiden darf. Ebenso sind aus durchschnittenen Knochen die Blutungen äusserst geringfügig. Immerhin wird man aber, namentlich bei Körperwärme, die Ergebnisse nur mit Vorbehalt auf den Muskel beziehen dürfen. Der Nachtheil, der hierdurch gegenüber dem Praeparate von Ludwig und Schmidt,[1] sowie von Minot[2] entsteht, wird aber aufgehoben durch den Schutz, den die Muskeln in der unversehrten Hautdecke gegen Gasdiffusion nach aussen besitzen. Dieser Schutz wird noch erhöht und zugleich ein Mittel zur sicheren Regelung der Temperatur gewonnen, wenn das ganze Praeparat unter Wasser versenkt wird. Endlich stellt die leichte Gewinnung grosser Muskelmassen, die rasche und sichere Art sie in die Durchleitung aufzunehmen, die Möglichkeit die Muskelnerven selbst in den Stämmen und Wurzeln reizbar zu erhalten, so viele Vorzüge dar, dass ich mich nicht bewogen fand, von dem Verfahren abzugehen. Ganz unzweifelhaft zulässig ist es jedoch, die Veränderungen, die sich in Folge von Reizungen des Muskels im Stoffwechsel einstellen, auf das gereizte Gewebe zu beziehen, und da es sich in den Versuchen vorzüglich um Vergleiche zwischen Ruhe und Arbeit handelt, so mag es gestattet sein, dass im Folgenden kurzweg von dem Stoffwechsel des Muskels gesprochen wird.

Ergebnisse der Durchleitung.

Die hier geübte Methode der Durchleitung ist von der bisher gebräuchlichen insofern verschieden, als nicht die Geschwindigkeit des Blutstroms

[1] A. a. O.
[2] A. a. O.

vermittelst des Druckes regulirt wird, sondern umgekehrt der arterielle Druck von der durch den Gang der Spritze gegebenen Geschwindigkeit bedingt wird. Das Manometer der arteriellen Leitung wird dadurch zu einem Anzeiger für den Widerstand, den die bewegte Blutmenge im Gefässsystem des Praeparates findet; aus seinen Angaben muss entnommen werden, ob die gewählte Geschwindigkeit zuträglich ist und ob Aenderungen im Widerstande Platz greifen. Mit der grössten Uebereinstimmung haben die Versuche ergeben, dass ein arterieller Druck von mehr als 70 mm Quecksilber auf die Dauer verderblich wirkt. Es kommt rasch zur ödematösen Schwellung, zur Extravasation des Blutes und zum Absterben der Organe. Drucke unter 40 mm haben wir gleichfalls vermieden, weil es ohne Frage eine untere Grenze der Blutgeschwindigkeit giebt, bei welcher das Gewebe durch den ungenügenden Gaswechsel leidet. Die Erfahrung lehrte, dass die Durchleitung von $^3/_4$ bis 1 Liter Blut pro halbe Stunde und pro Kilogramm des Praeparates bei Körperwärme, von etwa $^1/_2$ Liter bei Zimmertemperatur sich durch viele Stunden bewerkstelligen lässt, ohne dass die erwähnten Druckgrenzen überschritten werden. So lagen z. B. die Werthe des arteriellen Druckes während einer 6 stündigen ununterbrochenen Durchleitung (3. März 1884) zwischen 52 und 44 mm Hg. Bei einem anderen ebenso langen Versuche (6. März 1884) zwischen 66 und 55 mm.

Bekanntlich steht dieser Befund nicht in Uebereinstimmung mit den Erfahrungen, die bisher bei Durchleitungen gemacht worden sind und welche dahin lauten, dass das Organ einer gegebenen Blutgeschwindigkeit einen stetig wachsenden Widerstand entgegensetzt. Alle Untersucher sind genöthigt gewesen, zur Erhaltung einer annähernd constanten Stromgeschwindigkeit steigende Drucke in Anwendung zu ziehen oder sie mussten durch kurze Unterbrechung des Stromes die Gefässe wieder wegsam machen. Als Ursache dieser Erscheinung ist die mit dem Gasgehalt des Blutes wechselnde Spannung der arteriellen Muskelringe angesehen worden. Indessen, wenn es auch richtig ist, dass durch das Eindringen von arteriellem Blute die Spannung erhöht wird, so kann daraus ein stetiges Wachsen des Widerstandes noch nicht ohne Weiteres gefolgert werden.

Ich war auf diese merkwürdige Erscheinung schon früher bei Gelegenheit von Durchleitungsversuchen an durchsichtigen Geweben aufmerksam geworden und hatte gefunden, dass neben der Contractilität der Gefässe eine eigenthümliche Verstopfung der Capillaren mit Blutkörperchen den wachsenden Widerstand bedingt. Es zeigte sich dabei ferner, dass das Auftreten der Erscheinung geknüpft ist an eine constant wirkende Druckkraft und dass sie fast ganz ausbleibt, wenn der Druck stossweise wirkt. Verfolgt man den Vorgang unter dem Mikroskop, so gewahrt man, dass jedesmal, wenn ein Blutkörperchen in einer Capillare sich festkeilt, eine Er-

scheinung, die ja auch bei normaler Circulation nicht fehlt, eine Säule von Blutkörperchen sich vor der verlegten Stelle anhäuft. Das im Gefässe festsitzende Körperchen trennt wie ein Filter die Zellen von der Flüssigkeit des Blutes; die Säule von Körperchen verklebt dann bald zu einem Pfropf, der das Gefäss oft bis zur Abgangsstelle verstopft. Die Verschliessung kann auf zweierlei Weise behoben werden: durch Auswanderung der Blutkörperchen in das Gewebe und durch Erschlaffung der Capillarwand. Letzteres wird durch Unterbrechung der Circulation erreicht.

Verwendet man dagegen eine pulsirende Triebkraft, so treten in Folge der schaukelnden Bewegung der Blutkörper und bei dem beständigen Wechsel im Durchmesser der Gefässe Verstopfungen viel seltener ein, sie lösen sich auch wieder rascher, da es nicht zu einer solchen Sedimentirung und Verklebung der Zellen kommen kann. Die Erscheinungen stehen der normalen Circulation viel näher.

Wenn nun in den vorliegenden Versuchen, Dank der stossweisen Bewegung des Blutes durch die kleine Spritze, eine constante Geschwindigkeit des Stromes ohne wesentliche Aenderungen des Druckes durch viele Stunden hergehalten werden konnte, so zeigten doch zahlreiche Erscheinungen, dass die Gefässe ihre Reizbarkeit nicht eingebüsst hatten.

Von dem Einfluss der Temperatur ist schon oben gesprochen worden; er lässt sich leicht demonstriren. Beim Einsenken des Praeparates in das gewärmte Wasserbad sinkt der Druck, beim Herausheben steigt er. Z. B. als im Versuch vom 22. Januar 1884 die Temperatur des Bades von 26° auf 38° erhöht wurde, sank der Druck von 62 auf 49 mm, um später bei Abkühlung des Bades auf 25° wieder bis 57 mm Hg zu steigen.

Thätigkeit des Muskels bewirkt stets eine Verminderung des Widerstandes. Der Umfang der Veränderung ist bei den einzelnen Praeparaten aus unbekannten Gründen sehr verschieden, ebenso ihre Dauer. Zuweilen wird durch eine Reizungsperiode der Blutdruck für die ganze weitere Dauer des Versuchs herabgedrückt, während in anderen Fällen der Druckfall noch während der Reizungsperiode zurückgeht. So sind z. B. zwei sehr beträchtliche Abfälle, 63 auf 47 (22. Januar 1884) und 70 auf 55 (23. Juli 1884), dadurch unterschieden, dass der erstere kaum eine halbe Stunde (Dauer der Reizungsperiode), der andere durch zwei Stunden anhält.

Zu Anfang jeden Versuches soll während etwa einer Stunde und mehr eine Tendenz zum langsamen Fallen des Blutdruckes vorhanden sein. Ich fand darin ein Kennzeichen für die richtige Wahl der Blutgeschwindigkeit. Ist der Druck von Anfang an steigend, so werden bald gefährliche Höhen erreicht und der Versuch würde verloren gehen, wenn man nicht die Geschwindigkeit verminderte. Auf die Periode des fallenden Blutdruckes folgt eine Zeit, in welcher kleine Schwankungen um eine Ruhelage ausgeführt

werden, deren Werth gewöhnlich zwischen 45 und 55 mm Quecksilber lag. Diese Zeit dauert um so länger, je besser der Muskel seine Reizbarkeit conservirt, also im günstigen Falle bis zum Schluss des Versuches. Zum Beispiel:

	Blutgeschwindigkeit constant. Blutdruck halbstündig abgelesen												
Datum													
5. Februar 1884	60	53	45	44	46	45	46	45	44	44	—	—	—
6. März 1884	66	63	63	60	56	57	57	58	55	56	56	56	58
9. Juli 1884	66	63	62	56	54	54	55	—	—	—	—	—	—
23. Juli 1884	64	69	70	55	56	56	56	—	—	—	—	—	—

Beginnt der Muskel starr zu werden, so tritt ausnahmslos eine Vergrösserung des Widerstandes auf, die stetig steigt und bei hohen Druckwerthen zu Oedem und Extravasaten führt. Zum Beispiel:

Datum	Blutdruck halbstündig abgelesen								
20. November 1883	45	45	42	42	45	48	57	70	80
							Entwickelung der Starre.		

Schliesslich sei noch erwähnt, dass Schwankungen des Blutdruckes, nach Art der Traube-Hering'schen Wellen, zuweilen beobachtet wurden.

Ergebnisse der Gasmessung.

I. Der Sauerstoff.

Bevor ich daran gehen kann, die Versuchszahlen mitzutheilen, gilt es noch zwei Vorfragen zu erledigen. Es ist für die Beurtheilung der Resultate von der grössten Wichtigkeit zu wissen, ob das arterielle Blut stets mit demselben Sauerstoffgehalt die künstliche Lunge verlässt. Sind die aus dem Gasometer verschwundenen Sauerstoffmengen abgelesen und mit denjenigen Correcturen versehen, welche im I. Theil dieser Abhandlung eingehend besprochen worden sind, so können die gefundenen Zahlen nur in dem Falle auf die Zehrung der Gewebe bezogen werden, wenn das arterielle Blut während der Messungsperioden seinen Sauerstoffgehalt nicht geändert hat. Dies ist nun mit grosser Annäherung der Fall, wie die zu Anfang und zu Ende jedes Versuchs entnommenen und untersuchten Blutproben zeigen.

Beispiele:

Kreisende Blutmenge 1000 ccm

Versuch 6. März 1884. Anfänglicher Sauerstoffgehalt des arteriellen Blutes . . . . . 16·43 Vol. Proc.

Endlicher Sauerstoffgehalt des arteriellen Blutes . . . . . 15·86 Vol. Proc.

Abnahme 0·57 Vol. Proc.

Die Abnahme um 0·57 Vol. Proc. oder 5·7 ccm in der kreisenden Blutmenge von 1000 ccm vertheilt sich auf 12 halbstündige Versuchsperioden; sie beträgt daher pro Periode 0·48 ccm. Das heisst halbstündig sind 0·48 ccm Sauerstoff dem Blute statt dem Gasometer entzogen worden, eine Menge, die für die beschriebene Methode in den Ablesungsfehler fällt. Der gesammte Sauerstoffconsum betrug in diesem Versuche 1391 ccm.

Kreisende Blutmenge 1000 ccm	
Versuch 3. März 1884. Anfänglicher Sauerstoffgehalt des arteriellen Blutes	15·56 Vol. Proc.
Endlicher Sauerstoffgehalt des arteriellen Blutes	16·06 Vol. Proc.
Zunahme	0·50 Vol. Proc.

Dies giebt bei einer Versuchsdauer von 12 halbstündigen Perioden eine halbstündige Zunahme um 0·42 ccm Sauerstoff. Gesammtverbrauch 1344 ccm Sauerstoff.

Nur drei Versuche zeigten sehr wesentliche Veränderungen des Sauerstoffgehaltes.

Der Versuch vom 9. Juli 1884 zeigte aus unbekannten Gründen eine starke Abnahme von 12·02 zu 9·97 Vol. Proc., die Versuche vom 11. Juni 1884 und 26. Juni 1884 dagegen eine erhebliche Zunahme von 10·62 auf 13·45, bez. 11·06 auf 11·92 Volum Procent. In den beiden letzten Fällen, wo sehr grosse Sauerstoffmengen von dem Praeparat absorbirt wurden, war offenbar die künstliche Lunge nicht vermögend, das Blut völlig arteriell zu machen. Mit dem Absinken des Sauerstoffverbrauches im Verlauf dieser beiden Versuche tritt eine Bereicherung des Blutes ein. Die genaue Correctur der Sauerstoffzahlen hatte in diesen Versuchen keine Schwierigkeit, da aus Gründen, die später zu erwähnen sind, halbstündig Blutproben entnommen wurden.

Es hat den Anschein, als ob die Sauerstoffzahlen noch einer zweiten Correctur bedürften durch Abzug derjenigen Gasmengen, welche im Blute selbst im Laufe der Versuchszeit verschwinden. Ich habe, um mich über die Grösse derselben zu unterrichten, zwei Versuche angestellt, bei welchen kein Praeparat benutzt wurde, welche aber den übrigen Versuchen sonst völlig glichen. Das arterielle Blut wurde im Vorwärmer auf Körpertemperatur gebracht und dann durch Einschaltung einer Glaskugel, welche in das grosse Wasserbad versenkt war, ungefähr ebenso lange auf Körpertemperatur gehalten, als es im Muskel zu verweilen pflegte. Dann erst gelangte es in die venöse Röhrenleitung und durch den Kühler in die Lungenflasche. Es fand sich bei dem ersten Versuche eine Absorption von 5 ccm in neun halben Stunden, bei dem zweiten eine Absorption von 1 ccm

in fünf halben Stunden. Bei der Geringfügigkeit dieser Werthe habe ich von einer hierauf bezüglichen Correctur der Sauerstoffzahlen Abstand genommen und vorausgesetzt, dass das defibrinirte Blut, welches zu den Durchleitungen gebraucht wurde, bereits alle oxydirbaren Körper zersetzt hat, die es etwa aus dem Gefässsystem mitgebracht haben mochte. Die Zeit von einer Stunde, welche zwischen der Verblutung des Thieres und dem Beginn der Gasmessungen stets verstrich, scheint für diesen Ausgleich hinreichend zu sein. Beide Versuche liefern nebenbei einen guten Beweis, dass der Apparat von fehlerhaften Sauerstoffverlusten frei war.

A. Die Sauerstoffzehrung des ruhenden Muskels.

Eine übersichtliche Zusammenstellung der Sauerstoffzehrung aller Versuche giebt nebenstehende Tabelle. Ihre Stäbe enthalten der Reihe nach: Das Datum jedes Versuches, die Grenzwerthe der Bluttemperaturen abgelesen an den Thermometern in Vene und Arterie, das Gewicht des zum Versuche dienenden Praeparates im blutleeren Zustande, die Blutmenge welche in der gewählten Zeiteinheit (halbe Stunde) durch das Praeparat geleitet wurde dividirt durch das Gewicht des Thieres, die Zeit welche zwischen Verblutung des Thieres und Beginn der Gasmessung verstrichen ist; endlich die Sauerstoffzehrung des Praeparates für die einzelnen halbstündigen Perioden bezogen auf 1 ^{ko}, um die Zahlen untereinander vergleichbar zu machen.

Zur Ordnung der Versuche ist die Bluttemperatur benutzt worden. Es wurden entweder Blut und Praeparat auf Zimmertemperatur, ca. 20° C., gehalten, sogen. kalte Versuche. Oder das arterielle auf Körpertemperatur vorgewärmte Blut gelangte in einen Muskel, der sich in einem Wasserbade von ca. 20° befand, wodurch das venöse Blut auf 32 bis 34° abgekühlt wurde; ich will sie die halbwarmen Versuche nennen. Endlich finden sich noch vier warme Versuche mit Bluttemperaturen zwischen 36 und 39° C. Innerhalb der einzelnen Gruppen ist die Ordnung nach dem Datum gewählt. Die fett gedruckten Ziffern bedeuten Arbeitszeiten. Gruppe IV wird sofort zur Sprache kommen.

Die Einflüsse der Temperatur zeigen sich deutlich sowohl in den absoluten Werthen als in ihrer Aenderung im Verlaufe des Versuches. Die erste Gruppe der „kalten" Versuche besitzt die niedrigsten, aber sehr constante Werthe. Bei den „warmen" Versuchen finden sich sehr hohe Werthe zu Beginn und ein rasches Absinken gegen das Ende. Dass diese Erscheinung mit dem Absterben des Praeparates zusammenhängt, wird sogleich ausführlicher zu besprechen sein. Die sogen. halbwarmen Versuche stehen in der Mitte zwischen den beiden genannten Gruppen. Die Technik der Durchleitungen ist also noch immer von der Art, dass es nur bei Zimmer-

Datum	Temperatur in Vene u. Arterie nach Celsius	Gewicht des Praeparates in Kilo	Blut pro Kilo u. ½ Stunde in Ccm.	Blutdruck in Mm. Hg	Zeit nach der Verblutung	Sauerstoffzehrung pro Kilo und ½ Stunde. Die fett gedruckten Ziffern sind Arbeitszeiten.
I. Kalt.						
1884						
6. März	18—22	4·53	487	55—66	1h 15′	24 21 **34** 27 21·5 21 **31** 28·5 20 19 **36** 25
9. Juli	22·3—24·3	3·51	577	54—66	1h 40′	28 28 **47** 29 24 19 — — — — — —
23. Juli	20·7—22·5	3·98	617	55—70	1h 45′	18 20 **43** 32 23 22 — — — — — —
II. Halbwarm.						
22. Januar	34·1—37·7	2·10	582	47—63	—	44 **46**[1] 43 37 **41**[1] 30 — **34**[1] 24 19 — —
5. Februar	32·5—36·9	1·80	460	44—60	1h 00′	31 **42** 39 31 **50** 38 31 **41** 35 — — —
20. Februar	33—35	1·69	327	58—62	1h 40′	25 21 **45** 32 — — — — — — — —
3. März	33—38	3·09	714·5	44—52	1h 15′	49 43 **55** 52 39 35 **45** — 24 **34** 29 29
III. Warm.						
10. März	36·9—37·3	4·33	733	49—79	1h 15′	51 46 **49** 36 21 — — — — — — —
21. Mai	37·8—38·0	3·24	758	50—56	—	56 50 **86** 51 40 31 — — — — — —
11. Juni	36·5—37·3	2·42	1210	49—74	1h 30′	71 60 **87** 53 34 30 — — — — — —
26. Juni	36·0—37·0	3·29	1254	52—60	1h 10′	62 50 **59** 47 38 31 — — — — — —
IV. Mit Eingeweiden.						
1883						
27. November	36·8—37·2	3·05	752	51—55	—	130 — — — — — — — — — — —
4. December	36—36·5	2·63	735	51—54	1h 10′	70 — — — — — — — — — — —

temperatur gelingt, das Praeparat durch längere Zeit — sicher durch 7 Stunden, wahrscheinlich noch länger — in einem constanten, dem normalen ähnlichen Zustande, zu erhalten. Unter dieser Einschränkung bietet aber der Versuch schon jetzt ein zuverlässiges Mittel, um die Erscheinungen des Stoffwechsels an ausgeschnittenen Organen zu studiren. Handelt es sich dagegen um die Frage, welche Grösse der Umsatz am isolirten Organ unter den günstigsten Bedingungen erreichen kann, so können nur die warmen Versuche in Betracht kommen.

Die Sauerstoffzehrung verglichen mit der des unversehrten Thieres. Stellt man den höchsten Werthen der warmen Versuche die Zahlen gegenüber, die Regnault und Reiset[2] für den Sauerstoffverbrauch des ganzen Thieres fanden, so stellt sich ein bedeutendes Deficit zu Ungunsten des isolirten Organs heraus. Die genannten Autoren fanden die Sauerstoffzehrung des Hundes pro Kilo und halbe Stunde im Mittel gleich

[1] Zuckungen.
[2] A. a. O.

322 ccm. Der kleinste Werth ist 240, der grösste 394. Vergleicht man damit die Anfangswerthe der Gruppe III, deren Mittelwerth 60 ccm, deren Grenzwerthe bez. gleich 51 und 71 sind, so ergiebt sich für den ausgeschnittenen Theil eine Zehrung, welche etwa ein Fünftel der normalen ist. Offenbar würden die Zahlen grösser geworden sein, wenn die Messung noch früher, womöglich unmittelbar nach dem Tode des Thieres hätte beginnen können. Vorausgesetzt indessen, dass das Gesetz des Abfalls für die ersten Zeiten dasselbe ist, wie für die folgenden, so würden auch die ersten Zahlen nicht die Höhe der normalen erreicht haben. Der Ausfall kann begründet sein in einer Herabsetzung des Stoffwechsels überhaupt, sobald das Organ vom Thierleibe getrennt ist, oder in einer ungleichen Antheilnahme der einzelnen Organe an dem Gesammtumsatze, oder endlich in einem Zusammenwirken beider Umstände. Die zweite Annahme lässt sich durch einen Versuch prüfen, indem man bei der Durchleitung den Muskel durch ein anderes Organ ersetzt oder auch, da es nur auf augenfällige Unterschiede ankommt, indem man mit dem Muskel noch andere Organe der Durchleitung unterwirft. Ich habe zwei solche Versuche angestellt, wobei das Versuchsthier statt wie früher unterhalb des Zwerchfells nun oberhalb halbirt wurde (Gruppe IV der Tabelle). Es wurde also statt der Bauchhöhle die Brusthöhle geöffnet, die Canülen in die absteigende Aorta und in die Vena cava inferior dicht am rechten Vorhof eingebunden und die Gefässe der Brustwand nach den erwähnten Regeln abgebunden. Es waren somit sämmtliche in der uneröffneten Bauchhöhle befindlichen Eingeweide in die Durchleitung aufgenommen. Beide Versuche lieferten nur in den ersten halben Stunden zuverlässige Werthe, von welchen der eine vom 4. December 1883 der grössten beobachteten Sauerstoffzehrung des Muskels gleichkommt, während der andere vom 27. November 1883 sie bedeutend übertrifft und fast die Hälfte der normalen Höhe erreicht. Sie machen es somit wahrscheinlich, dass durchgeleitete Eingeweide einen relativ höheren Gasumsatz besitzen als die Muskeln, und wir können diese Annahme unterstützen durch die Versuche von A. Schmidt,[1] nach welchen die ausgeschnittene und mit warmen Blute durchgeleitete Niere für die Gewichtseinheit einen Gaswechsel besitzt, welcher an Grösse dem des ganzen Thieres gleichkommt. Wenn wir aber nun auch annehmen wollten, dass sämmtliche Drüsen und die Eingeweide einen gleich lebhaften Stoffwechsel wie die Niere haben, so würden wir noch immer im Durchleitungspraeparat ein Deficit des Sauerstoffverbrauches haben. Sollen die Eingeweide den Ausfall in der Sauerstoffzehrung decken, so müssten sie nicht eine der Gewichtseinheit des unversehrten Thieres gleiche, sondern eine viel höhere Zehrung besitzen, mit

[1] *Arbeiten aus dem physiologischen Institut zu Leipzig.* 1867. S. 123.

welcher sie den geringeren Verbrauch des Muskels zu compensiren hätten. Man wird somit nicht zweifeln können, dass der ausgeschnittene Muskel einen wesentlich geringeren Stoffwechsel besitzt, als der unversehrte.

Der Grund des Abfalls muss in der Durchschneidung des Rückenmarkes gesucht werden, von welchem Eingriff wir durch die Versuche von E. Pflüger[1] und C. v. Voit[2] wissen, dass er ein Sinken des Stoffwechsels, nach Pflüger bis fast auf die Hälfte des normalen Werthes hervorbringen kann; es fehlen offenbar dem vorliegenden Praeparate ebenso wie den Thieren mit durchschnittenem Rückenmark diejenigen nervösen Impulse, welche der Wärmeregulation dienen. Die Frage, ob diese Reize nicht durch künstliche zu ersetzen wären und ob Thiere, deren Lendenmark längere Zeit vorher mit Erfolg abgetrennt worden ist und welche die von Goltz und Freusberg[3] beschriebenen Reflexe zeigen, nicht wieder eine normale Höhe des Stoffwechsels in den hinteren Gliedmaassen erreichen, dürfte wohl der Untersuchung werth sein.

Einen Beweis für die Anschauung, dass hier ein Vorgang ausfällt, welcher der Wärmeregulation des normalen Thieres entspricht, kann aus der Vergleichung der zweiten und dritten Versuchsgruppe gewonnen werden, welche zeigt, dass eine Abkühlung der Haut bei unveränderter Bluttemperatur nicht ein Steigen des Stoffwechsels wie beim normalen Thier, sondern umgekehrt ein Sinken veranlasst.

Das rasche Absinken der Sauerstoffzehrung bei den „warmen" Versuchen (in drei Stunden auf etwa die Hälfte des anfänglichen Werthes) hält, wie bereits erwähnt, mit dem Absterben des Praeparates gleichen Schritt. Die Beurtheilung des Grades der Veränderung ist am Muskel leicht gemacht durch die deutlichen Zeichen der Starre: die zunehmende Härte der Muskeln, die Streckung der Glieder, der Widerstand gegen passive Bewegung und der abnehmende Erfolg der Reizung, vorausgesetzt dass letzterer nicht von Ermüdung herrührt. Indem die Masse des lebenden Gewebes stetig abnimmt, fällt auch die Sauerstoffzehrung stetig ab, woraus folgt, dass der starre Muskel nur einen verschwindend kleinen Stoffwechsel haben kann. Es ergiebt sich daraus weiter, dass der Vorgang des Erstarrens mit keinem erheblichen Sauerstoffconsum verbunden sein kann; hierfür werden sich sogleich noch weitere Beweise finden.

Die Schnelligkeit des Absterbens ist innerhalb einer Gruppe gleichartiger Versuche sehr wechselnd (vergl. z. B. die „halbwarmen" Versuche). Die Ursache dieser individuellen Verschiedenheiten mögen zu einem Theil

---

[1] Pflüger's *Archiv* u. s. w. Bd. XII. S. 282 und 333.

[2] *Zeitschrift für Biologie.* Bd. XIV. S. 57.

[3] Pflüger's *Archiv* u. s. w. Bd. VIII. S. 460; — Bd. IX. S. 552.

darin liegen, dass stets auch fremdes einem anderen Hunde entnommenes Blut zur Durchleitung herbeigezogen wurde. Dass aber eine solche Beimischung nicht gleichgültig sein wird, darüber lassen die mit der Transfusion gemachten Erfahrungen keinen Zweifel bestehen. Es muss als eine Aufgabe der Technik der Durchleitungsversuche angesehen werden, mit der Blutmenge des Thieres allein auszukommen.

B. Der Sauerstoffverbrauch des gereizten Muskels.

Werden sämmtliche Muskeln der Beine gleichzeitig gereizt, so ist das Ergebniss eine Streckbewegung der Glieder; dieselbe geht in dem Wasserbade vor sich. Um sie beobachten zu können und gleichzeitig ein Maass für den Betrag der Streckung und damit für die Wirksamkeit des Reizes zu gewinnen, war an jede Pfote eine Schnur mit Gewicht (meist 500 grm) gebunden, welche derart über Rollen lief, dass mit der Ruhe die Beine an den Leib angezogen wurden. Jede Streckung wickelte einen Theil der Schnur ab und es konnten die Längen an einer Millimeterscala abgelesen werden. Die Arbeit, welche die Streckmuskeln leisteten, war, da sie den Widerstand der Antagonisten zu überwinden hatten, viel grösser als der sichtbare äussere Effect. Derselbe würde übrigens schon deshalb kein Maass für den Energieverlust des Muskels abgeben, da fast ausschliesslich tetanische Contractionen gewählt wurden. Ich verzichte daher auf die Angabe von Arbeitswerthen und bemerke nur, dass jedes Bein des frischen oder durch eine Erholungspause ausgeruhten Praeparates mit Leichtigkeit 1 kgrm 10 cm hoch hob.

Die Reizung geschah stets von den Nerven aus. Nur bei den ersten Vorversuchen wurde directe Reizung der Muskeln angewendet, aber bald verlassen, als sich herausstellte, dass dieselben verhältnissmässig schwache Zuckungen und geringe Aenderung des Stoffwechsels bewirkten. Ausserdem liegt für den Muskel die Reizschwelle so hoch, dass man sehr starke Inductionsströme gebrauchen muss. Man wird aber nach den Beobachtungen Drechsel's[1] über den chemischen Effect von Wechselströmen nicht ohne Weiteres annehmen dürfen, dass dieselben auf den Stoffumsatz im Muskel keinen Einfluss hätten.

Die Reizung der Nerven ist viel wirkungsvoller. Um sie dort zu treffen, wo sie alle auf kleinem Raum beisammen liegen, habe ich die eine Elektrode in Gestalt einer langen und schmalen Drahtschlinge in den Rückenmarkscanal eingeführt, so dass sie zwischen Dura und Wirbelbögen

[1] *Journal für praktische Chemie* (N. F.) **22**, 476; **29**, 229; — *Dies Archiv.* 1880. S. 550.

zu liegen kam. Die Schlinge schmiegte sich also, indem sie den Körper des Rückenmarks zwischen sich nahm, an die hintere Fläche der austretenden Wurzelpaare an. Als zweite Elektrode diente der oben erwähnte Umschnürungsreif, dessen Enden fest gegen die Querfortsätze der Wirbel drücken. Beide Elektroden lassen sich ohne neue Verletzungen dem Praeparate anlegen und die Reizung trifft sämmtliche Nerven, welche aus dem Lendenmark entspringen. Ihre Wirksamkeit beweist, dass, wenn nicht dem Rückenmark, so doch den Nervenwurzeln die Reizbarkeit erhalten bleibt; am besten bei den kalten Versuchen, wo sie selbst nach 7 stündiger Versuchsdauer noch ungeschwächt befunden wurde. Aber auch bei den warmen Versuchen, wo die Reizbarkeit rascher abnimmt, lässt sich durch vergleichende Prüfung der directen Muskelerregbarkeit zeigen, dass der Grund des geringeren Erfolges im Muskel und nicht im Nerven zu suchen ist.

Die Reizungen waren tetanisch, mit Ausnahme eines einzigen Falles (22. Januar 1884), in welchem einzelne Reizstösse zur Anwendung kamen. Nachdem die wirksamere Stromrichtung und die maximale Reizstärke festgestellt war, wurde für die ganze Dauer des Versuches der Reiz unverändert beibehalten. Es ist zweckmässig, die allzu grosse Ermüdung der Muskeln dadurch zu vermeiden, dass man den Verlauf eines langen Tetanus durch häufige Pausen unterbricht. Es wurde daher eine Bowditch'sche Reizuhr dergestalt in den primären Stromkreis aufgenommen, dass in Perioden von zwei Secunden tetanische Reizung und Ruhe abwechselten. Auf diese Weise ist es möglich, die Contractionen des Muskels wenn auch nicht auf der anfänglichen, so doch auf einer gewissen Höhe zu halten. Am ungünstigsten zeigten sich auch hier wieder die warmen Versuche. Gegen Ende der halbstündigen Reizungszeit trat zumeist eine völlige Erschöpfung ein, die Contractionen wurden äusserst klein und eine längere Pause stellte die Reizbarkeit nur sehr unvollkommen wieder her. Die Ermüdung musste also hier in einer tiefergehenden Veränderung des Muskels ihren Grund haben, nämlich, wie sich leicht zeigen liess, in der Erstarrung. Es war in der That höchst auffallend, wie sehr die Entwickelung der Starre durch die Arbeit des Muskels beschleunigt wurde, und ich werde auf diese Erscheinung bei Besprechung der Kohlensäurebildung zurückkommen. Die Zahl der Muskeln, welche an den Contractionen noch Theil nahmen, wurde immer kleiner und darin findet der geringe Erfolg späterer Reizungen seine Erklärung.

Die Reizung des Muskels führt stets zu einer Erhöhung des Sauerstoffverbrauchs. Die Zunahme ist um so ansehnlicher, je kräftiger die Contractionen sind. Es finden sich z. B. in den Gruppen I und II der Versuche die Steigerungen:

23. Juli 1884	von	20	auf	43	=	100 : 215
20. Februar 1884	„	21	„	45	=	100 : 214
6. März 1884	„	19	„	36	=	100 : 189
9. Juli 1884	„	28	„	47	=	100 : 168

Bei den warmen Versuchen sind die Steigerungen geringer:

21. Mai 1884	von	50	auf	86	=	100 : 172
11. Juni 1884	„	60	„	87	=	100 : 145
26. Juni 1884	„	50	„	59	=	100 : 118
10. März 1884	„	46	„	49	=	100 : 106

Der letzte Versuch, welcher am raschesten zur Starre führte, zeigt die geringste Steigerung. Der abgestorbene Muskel betheiligt sich also nicht mehr oder in sehr geringem Grade an der Sauerstoffzehrung. Es folgt aber aus dem Vergleich der beiden Gruppen weiter, dass der Vorgang des Absterbens selbst mit keinem merklichen Sauerstoffconsum verbunden sein kann, wofür schon oben Beweise gefunden worden sind.

In allen Fällen, in welchen dem Muskel seine Reizbarkeit erhalten blieb, lässt sich die Steigerung der Sauerstoffzehrung auch noch verfolgen in die Ruheperiode, welche der Reizung unmittelbar folgt. Dieses Verhalten könnte leicht fehlerhafter Weise vorgetäuscht werden in Folge der nothwendigen Verspätung, welche die Messung des Sauerstoffconsums in der Lungenflasche gegenüber der Zehrung im Gewebe erleidet. Wurde der Tetanus unterbrochen, so musste das dunkle den Muskel erfüllende Blut erst aus ihm ausgetrieben werden, durch die venöse Röhrenleitung in die Lungenflasche treten und hier einige Zeit verweilen, bis es seinen vollen Sauerstoffgehalt wieder erlangt hatte.[1] Aus der sichtbaren Farbenänderung des Blutes in der künstlichen Lunge und der bekannten Blutgeschwindigkeit lässt sich berechnen, dass das Blut zur Zurücklegung des erwähnten Weges höchstens fünf Minuten braucht. Es wurden daher in den letzten fünf Versuchen (21. Mai, 11. Juni, 26. Juni, 9. Juli, 23. Juli 1884) die Reizungen fünf Minuten vor Beginn der neuen Messungsperiode angefangen und fünf Minuten vor der nächstfolgenden geschlossen. Trotzdem bleibt

[1] Zur Beurtheilung der Trägheit der Ausgleichung wurde im Versuche vom 6. März 1884 die erste Reizungsperiode um zwei Minuten gegen die entsprechende Messungsperiode verschoben, d. h. die Reizung begann zwei Minuten vor den Ablesungen und endigte 28 Minuten nach denselben. Bei der zweiten Reizung fielen beide Perioden zusammen, bei der dritten Reizung waren die beiden Perioden um fünf Minuten gegeneinander verschoben. Die Sauerstoffzehrung pro Kilo wurde in der Reizungsperiode und der darauffolgenden gefunden:

1.	34, 27	Summe	61
2.	31, 28·5	„	59·5
3.	36, 25	„	61

die erhöhte Sauerstoffzehrung in der anschliessenden Ruheperiode nicht aus, womit bewiesen ist, dass der geänderte Stoffwechsel nicht unmittelbar an die mechanischen Vorgänge im Muskel geknüpft ist.

II. Die Kohlensäure.

Die Messung der im Muskel gebildeten Kohlensäure ist mit einer Schwierigkeit verknüpft, weil die Fähigkeit des Blutes, das Gas zu binden, im Verlauf des Versuches Aenderungen erleidet. Entsprechend den verschiedenen Beziehungen, welche die Kohlensäure zu den Bestandtheilen des Blutes besitzt, wird das Gleichgewicht der Spannungen leicht gestört Kommt dazu noch eine gewisse Trägheit in der Ausgleichung von Spannungsdifferenzen, so setzt die Gewährleistung eines constanten Kohlensäuregehaltes verwickelte compensatorische Einrichtungen voraus, deren künstliche Herstellung eine noch ungelöste Aufgabe ist.

Die Erscheinungen, auf welche es hier ankommt, lassen sich leicht überblicken, wenn man den Apparat in Gang setzt, ohne dass ein Praeparat in den Kreislauf des Blutes aufgenommen ist, wie bei den S. 541 erwähnten Versuchen. Da das Blut in der künstlichen Lunge mit einer Luftmasse in Verkehr tritt, welche bis auf Spuren frei von Kohlensäure ist, so muss es wie in der Luftpumpe das Gas abgeben. Die Entgasung verläuft sehr langsam, weil mit dem Kohlensäuregehalt auch die Spannung sinkt, die Kräfte, welche das Gas austreiben, also immer kleiner werden. Der Apparat giebt geradezu ein Maass für diese Kräfte in den Kohlensäuremengen, welche in der Zeiteinheit an die Barytventile abgegeben werden. Zum Beispiel:

Versuch 15. Januar 1885. In den Apparat verbracht 979 ccm Blut mit 14·48 Vol. Proc. = 141 ccm CO_2. An die Barytventile wurden abgegeben

halbe Stunden:	1	2	3	4	5	6
Cubikcentimeter CO_2:	29	19	14	12	10	10

Versuch 29. Januar 1884. In den Apparat verbracht 1050 ccm Blut mit 9·73 Vol. Proc. = 102 ccm CO_2. An die Barytventile wurden abgegeben

halbe Stunden:	1	2	3	4	5
Cubikcentimeter CO_2:	40	22	13	$\overbrace{20 \cdot 5}$	

und weiter nach Einträufelung von 15 ccm einer 5 procentigen Na_2CO_3-Lösung gleich 311 mgrm oder 120 ccm CO_2

halbe Stunden:	6	7	8	9
Cubikcentimeter CO_2:	25·5		26·7	

Die Zersetzung der Sodalösung in letzterem Versuche ist sehr deutlich. In beiden Versuchen wurde das Blut bei constantem Sauerstoffgehalt gegen Schluss lackfarben. In der Schnelligkeit der Entgasung ist übrigens zwischen den beiden Versuchen ein bemerkenswerther Unterschied.

Es ist nothwendig, sich zu vergewissern, ob die abgegebenen Gasmengen ausschliesslich dem Vorrath entnommen sind, mit welchem das Blut in den Apparat eintritt, oder ob nebenbei eine Neubildung des Gases stattfindet. Die Frage entscheidet sich durch den Vergleich der gesammten in den Ventilen aufgefangenen Gasmengen mit dem Kohlensäureverlust des Blutes innerhalb der gleichen Zeit. Die Versuche ergaben:

	15. Januar 1885	29. Januar 1884
Dauer des Versuches in Stunden	$^6/_2$	$^9/_2$
Gewinn an CO_2 in den Ventilen in Cubikcentimetern	94	148
Verlust an CO_2 im Blute in Cubikcentimetern	86	134
Neubildung von CO_2 im Blute in Cubikcentimetern	8	14
Neubildung in 1000 ccm Blut und $^1/_2$ Stunde	1·3 ccm	1·5 ccm

Die geringe Kohlensäurebildung des Blutes steht mit der früher gefundenen verschwindenden Sauerstoffzehrung in guter Uebereinstimmung.

Der eben geschilderte Vorgang der Entgasung des Blutes muss eine Aenderung erfahren, wenn das Muskelpraeparat in die Durchleitung aufgenommen ist. Das Blut kann sich im Muskel immer wieder an Kohlensäure bereichern. Bleibt die Kohlensäurebildung des Praeparates durch längere Zeit constant, so müsste man erwarten, dass sich ein Gleichgewicht zwischen beiden Processen herstellen würde, welches in einem constanten Kohlensäuregehalt des arteriellen Blutes seinen Ausdruck findet. Der Forderung eines constanten Gaswechsels leisten die kalten Versuche für den Sauerstoffverbrauch sehr vollkommen, für die Kohlensäurebildung wenigstens annähernd Genüge. Vergleicht man aber die Analysen der Blutproben, welche zu Beginn und am Schluss dieser Versuche der circulirenden Menge entnommen wurden, so ergiebt sich stets ein beträchtlicher Verlust an Kohlensäure, und zwar:

	Kohlensäuregehalt des arteriellen Blutes in Volumprocent zu Anfang	zum Schluss	Verlust	Dauer des Versuchs
am 6. März 1884	18·67	6·51	12·16	$^{12}/_{2}$ Stunden
am 9. Juli 1884	12·93	6·41	6·52	$^{5}/_{2}$ „
am 23. Juli 1884	14·09	6·64	7·45	$^{5}/_{2}$ „
Versuch ohne Praeparat:				
am 15. Januar 1885	14·48	5·59	8·89	$^{6}/_{2}$ „

Die Austreibung der Kohlensäure ist kaum weniger energisch als bei dem Versuch ohne Praeparat. Da aber hier von einer Entgasung nicht die Rede sein kann, so muss die Spannung des Blutes durch neu hinzukommende Kräfte erhöht werden und zwar, wie ich gleich hier bemerken will, durch das Auftreten fixer Säuren im Blute. Aus demselben Grunde kommt es auch trotz der hohen Verarmung des Blutes an Kohlensäure nicht zu einer Auflösung der Blutkörperchen wie in den Versuchen ohne Praeparat. Die Alkalien werden hier nicht frei, sie wechseln nur die Säure.

Alle Kohlensäuremengen, welche in den einzelnen Versuchsperioden absorbirt und gemessen werden, müssen also angesehen werden als Summen zweier Glieder, deren eines die im Muskel gebildete, das andere die aus dem Blute ausgetriebene Gasmenge darstellt. Um über die Grössen derselben eine Vorstellung zu gewinnen, giebt es keinen anderen Weg, als am Ende jeder Versuchsperiode eine Blutprobe zu entnehmen. Dies hat freilich den Nachtheil, dass die circulirende Blutmenge immer kleiner wird, die Anhäufung der Zersetzungsproducte also beschleunigt wird. Um den Fehler nicht zu gross zu machen, begnügte ich mich mit der Entnahme von Blutmengen, welche gerade für eine Analyse zureichten. Die Resultate können daher in Ermangelung einer Controlbestimmung nicht so zuverlässig sein, als die übrigen aus Doppelanalysen abgeleiteten Werthe. Die gute Uebereinstimmung zwischen den einzelnen Versuchen und der gesetzmässige Gang der Zahlen bürgen aber dafür, dass gröbere Fehler vermieden sind. Es wurden fünf Versuche dieser Art, zwei bei Zimmertemperatur, drei bei Körperwärme, angestellt, deren Ergebnisse umstehend tabellarisch geordnet sind. Das Versuchsprotocoll eines derselben ist im Anhang ausführlich mitgetheilt.

In der Tabelle auf S. 552 haben der vierte und fünfte Stab das nächste Interesse. Sie zeigen, dass der Kohlensäuregehalt des Blutes stetig sinkt und demnach die Austreibung des Gases nie still steht, doch wechselt die Geschwindigkeit des Vorganges. Am kleinsten ist sie in der dritten Periode, in welcher das Praeparat tetanisch gereizt wurde. Die Kohlensäureausscheidung des Muskels steigt in dieser Zeit und man sollte daher eine Zunahme des Gases

Die beiden kalten Versuche ergaben:

	Halbe Stunden	In den Ventilen absorbirte CO_2 in Cem.	CO_2-Gehalt des Blutes in Volumprocent	Verlust des Blutes an CO_2 in Cem.	Im Muskel gebildete CO_2 in Cem.	Sauerstoffzehrung in Cem.	$\frac{CO_2}{O_2}$	Gebildete CO_2 auf 1 Kilo d. Praeparates
			Versuch 9. Juli 1884.					
	1	176	12·93	35	141	99	$\frac{141}{99} = 1{\cdot}42$	40
	2	133	9·94	12	121	98	$\frac{121}{98} = 1{\cdot}23$	34
Tetanus	3	178	8·85	1	177	166	$\frac{177}{166} = 1{\cdot}07$	50
	4	143	8·74	15	128	102	$\frac{128}{102} = 1{\cdot}25$	36
	5	107	7·31	9	98	84	$\frac{98}{84} = 1{\cdot}24$	28
	6	88	6·41	—	—	67	$\left[\frac{88}{67} = 1{\cdot}31\right]$	[25]
			Versuch 23. Juli 1884.					
	1	148	14·05	14	134	73	$\frac{134}{73} = 1{\cdot}83$	34
	2	157	12·81	12	145	79	$\frac{145}{79} = 1{\cdot}82$	36
Tetanus	3	174	11·69	3	171	173	$\frac{171}{173} = 0{\cdot}99$	43
	4	166	11·39	32	134	128	$\frac{134}{128} = 1{\cdot}05$	34
	5	133	8·21	15	118	93	$\frac{118}{93} = 1{\cdot}28$	30
	6	107	6·62	—	—	86	$\left[\frac{107}{86} = 1{\cdot}24\right]$	[27]

im Blute erwarten, da die Bedingungen für die Abgabe in der künstlichen Lunge stets gleich bleiben. Das Ausbleiben derselben beweist, dass auch in der Arbeitszeit die Bindung der Alkalien des Blutes fortschreitet. Eine bedeutende Steigerung des Processes zeigt sich in den Perioden, welche dem Tetanus folgen, so dass der Uebertritt von Säuren aus dem Muskel in das Blut im Stadium der Ermüdung besonders lebhaft sein muss.

Ein wie grosser Antheil des Gesammtverlustes des Blutes an Kohlensäure der festen Bindung der Alkalien, ein wie grosser der allmählichen Entgasung zuzuschreiben ist, kann natürlich nur durch den Nachweis der gebildeten Säuremengen entschieden werden. Je rascher die Kohlensäureproduction im Laufe des Versuches abfällt, um so mehr muss die letztere Ursache ihren Einfluss geltend machen.

Die nach derselben Methode bei Körperwärme ausgeführten drei Versuche ergaben:

	Halbe Stunden	In den Ventilen absorbirte CO_2 in Ccm.	CO_2-Gehalt des Blutes in Volumprocent	Verlust des Blutes an CO_2 in Ccm.	Im Muskel gebildete CO_2 in Ccm.	Sauerstoffzehrung in Ccm.	$\frac{CO_2}{O_2}$	Gebildete CO_2 auf 1 Kilod. Praeparates
Versuch 21. Mai 1884.								
	1	209	15·03	25	184	181	$\frac{184}{181} = 1{\cdot}02$	57
	2	192	12·90	14	178	162	$\frac{178}{162} = 1{\cdot}10$	55
Tetanus	3	228	11·58	26	202	280	$\frac{202}{280} = 0{\cdot}72$	62
	4	184	9·19	6	178	164	$\frac{178}{164} = 1{\cdot}09$	55
	5	145	7·52	6	139	131	$\frac{139}{131} = 1{\cdot}06$	43
	6	120	8·42	—	—	102	$\left[\frac{120}{102} = 1{\cdot}18\right]$	—
Versuch 11. Juni 1884.								
	1	198	18·43	23	175	172	$\frac{175}{172} = 1{\cdot}02$	72
	2	165	16·17	9	156	146	$\frac{156}{146} = 1{\cdot}07$	64
Tetanus	3	227	15·25	18	209	211	$\frac{209}{211} = 0{\cdot}99$	86
	4	185	13·23	34	151	129	$\frac{151}{129} = 1{\cdot}17$	62
	5	119	9·34	8	111	82	$\frac{111}{82} = 1{\cdot}35$	46
	6	92	8·30	—	—	72	$\left[\frac{92}{72} = 1{\cdot}28\right]$	—
Versuch 26. Juni 1884.								
	1	220	17·72	8	212	205	$\frac{212}{205} = 1{\cdot}03$	64
	2	200	16·29	4	196	166	$\frac{196}{166} = 1{\cdot}18$	60
Tetanus	3	241	15·93	25	216	193	$\frac{216}{193} = 1{\cdot}12$	66
	4	216	13·67	25	191	154	$\frac{191}{154} = 1{\cdot}24$	58
	5	162	11·26	11	151	124	$\frac{151}{124} = 1{\cdot}22$	46
	6	127	10·12	—	—	102	$\left[\frac{127}{102} = 1{\cdot}25\right]$	—

Die Austreibung der Kohlensäure aus dem Blute verläuft durchaus ähnlich wie in den kalten Versuchen. Der einzige auffällige Unterschied besteht darin, dass nicht nur nach dem Tetanus, sondern bereits in der Periode der Reizung eine Steigerung des Vorganges eintritt. Entweder verläuft die Bildung der Säure und ihr Uebertritt in's Blut bei Körperwärme schneller oder es muss die Erklärung gesucht werden in der oben mitgetheilten Beobachtung, dass die Reizung des bei Körperwärme durchgeleiteten Praeparates stets zu einer theilweisen Erstarrung der Muskeln führt. Da nun seit den Versuchen von du Bois-Reymond[1] bekannt ist, dass der Muskel beim Erstarren Säure entwickelt, so würde die starke Verdrängung der Kohlensäure begreiflich sein. Für die Richtigkeit dieser Anschauung scheint der Verlauf des Versuches vom 21. Mai 1884 zu sprechen. Es trat hier die Starre besonders rasch auf, sie erstreckte sich am Ende der Reizungsperiode beinahe auf sämmtliche Muskeln. Man findet in dieser Zeit eine sehr energische Austreibung von Kohlensäure, eine viel geringere dagegen in der Periode, welche auf die Reizung folgt, entsprechend der geringen Wirkung, die der Reiz in dem rasch ermüdenden Praeparate auslöste. Die Säuerung des Muskels durch die Starre und die Säuerung durch die Arbeit scheinen zwei Vorgänge zu sein, die, obwohl sie zu derselben Aenderung des Blutes führen, doch dadurch unterschieden werden können, dass sie sozusagen ein verschieden langes Latenzstadium besitzen.

Durch die Analysen der obigen fünf Versuche ist die Möglichkeit gewonnen, eine Correctur der Kohlensäurezahlen auszuführen und zu erfahren, eine wie grosse Menge des Gases wirklich neu gebildet worden ist. Man findet den corrigirten Werth für jede Versuchsperiode, die Grösse der gleichzeitigen Sauerstoffzehrung, die Verhältnisszahl beider (den respiratoschen Quotienten), endlich die Kohlensäurebildung pro Kilo des Praeparates in den vier letzten Stäben.

Beachtet man zunächst die Angaben des letzten Stabes, so ergiebt sich, dass die pro Kilo gebildete Kohlensäure mit der Temperatur sinkt, aber nicht so stark wie der Sauerstoff, eine Beobachtung, die schon Rubner[2] gemacht hat. Dieses Verhalten prägt sich auch in den Quotienten aus, welche für die kalten Versuche grösser sind, wie für die warmen. Stets aber ist der Quotient für den ruhenden Muskel grösser, als die Einheit. Es findet also ein Spaltungsprocess statt, wie seit den Versuchen Hermann's[3] für ausgeschnittene Muskeln von allen Untersuchern bestätigt worden ist. Das Verhältniss zwischen diesem Processe und der

[1] *Monatsbericht der Berliner Akademie* 1859. S. 288.
[2] *Dies Archiv.* 1885. S. 38.
[3] *Untersuchungen über den Stoffwechsel der Muskeln.* Berlin 1867.

nebenher gehenden Oxydation ist Rubner geneigt, sich in der Weise vorzustellen, dass in der Kälte die Abspaltung der Kohlensäure, in der Wärme die Bildung durch Oxydation überwiegt. Dass der Zusammenhang zwischen den oxydirenden und abspaltenden Vorgängen ein sehr lockerer ist, wird durch die Ergebnisse der kalten Versuche nahe gelegt. Während dort die Sauerstoffzehrung durch längere Zeit auf constantem Niveau gehalten werden kann, sinkt die Kohlensäurebildung stets ab. Dieses Verhalten kann sogar in dem Versuche vom 6. März 1884, dessen Kohlensäurezahlen im einzelnen nicht corrigirt werden können, mit Sicherheit nachgewiesen werden.

Versuch 6. März 1884. Temperatur 18—22° C.

Halbe Stunden		CO_2 in Ccm.	O_2 in Ccm.	$\frac{CO_2}{O_2}$	CO_2 des Blutes in Volumprocent
					18·67
1		199	110	1·81	
2		163	94	1·73	
3	Tetanus[1]	174	153	1·14	
4		161	121	1·33	
5		136	97	1·40	
6		116	94	1·23	
7	Tetanus	134	140	0·96	
8		137	129	1·06	
9		118	92	1·28	
10		103	87	1·18	
11	Tetanus	127	161	0·79	
12		121	113	1·07	6·51

Aus den Blutanalysen erfährt man, dass die gerade 1 Liter betragende Blutmenge während der sechsstündigen Versuchsdauer 122 ccm CO_2 verloren hat. Die Vertheilung dieser Menge auf die einzelnen Perioden könnte

[1] Vgl. die Anmerkung zu Seite 548.

natürlich nicht ohne Willkür geschehen. Versucht man indessen für die Ruhezeiten 1, 2, 5, 6, 9, 10 einen einheitlichen Quotienten, etwa 1·20, einzuführen, so ergeben sich überschüssige Kohlensäuremengen, deren Summe grösser ist als die verfügbaren 122 ccm, so dass für die Correcturen der Zeiten 4, 8 und 12, deren Kohlensäurezahlen sicher zu gross sind, nichts mehr übrig bleiben würde. Daraus folgt mit Nothwendigkeit, dass die Quotienten für die Ruhezeiten mit der Dauer des Versuches abnehmen müssen. Es scheint mir daraus hervorzugehen, dass Kohlensäurebildung und Sauerstoffzehrung nicht unzertrennlich verknüpft sind, dass sie bis zu einem gewissen Grade unabhängig verlaufen können, oder vielleicht noch besser, dass der gefundene Gaswechsel die Resultirende aus mehreren Processen ist, deren Ineinandergreifen noch nicht übersehen werden kann. Man wird gut thun, sich die Vorgänge nicht zu einfach vorzustellen.

Ein umgekehrtes Verhalten lässt sich bei den warmen Versuchen beobachten. Sie fangen alle mit niedrigen Quotienten an, welche später zu höheren Werthen aufsteigen. Es liegt nahe, das rasche Absterben der Muskeln damit in Verbindung zu bringen. Wenn das Absterben der Muskeln mit keiner oder sehr geringer Sauerstoffzehrung, dagegen neben der Säuerung mit einer Bildung von Kohlensäure einhergeht, so müssen, welches auch die absoluten Werthe sein mögen, steigende Quotienten sich einstellen.

In der Periode der Thätigkeit wächst die Menge der gebildeten Kohlensäure und die Zunahme lässt sich ähnlich der des Sauerstoffes auch noch in die anschliessende Ruhezeit verfolgen; sie ist in derselben wenigstens in einer verminderten Steile des Absinkens bemerkbar. Die Zunahme ist im Ganzen nicht bedeutend, sie bewegt sich zwischen 46 Procent im Versuch vom 9. Juli 1884 und 10 Procent im Versuch vom 26. Juni 1884, und es kann nicht Wunder nehmen, wenn Ludwig und Schmidt[1] sie zuweilen vermissten, Minot[2] sie überhaupt nicht nachzuweisen vermochte. Stets bleibt sie zurück gegen die Vermehrung des Sauerstoffverbrauches, woraus folgt, dass der Werth des respiratorischen Quotienten sinken muss. Ein absoluter Werth, dem er zustrebt, lässt sich nicht angeben, da in den wenigen vorstehenden Versuchen Schwankungen zwischen 1·12 und 0·72 beobachtet wurden. Die Thatsache im Allgemeinen ist aber selbst in denjenigen Versuchen deutlich ausgeprägt, deren Kohlensäurezahlen einer Correctur nicht zugänglich sind, wie z. B. im Versuch vom 6. März 1884. Der Widerspruch, in dem diese Erscheinung mit den Erfahrungen am unversehrten Thiere steht, an welchem durch die Versuche von E. Smith,[3]

[1] A. a. O.
[2] A. a. O.
[3] *Philosophical Transactions* t. CIL. p. 681, 715.

Szelkow,[1] Speck,[2] Pettenkofer und Voit[3] gerade umgekehrt ein Wachsen des Quotienten durch Muskelarbeit unzweifelhaft nachgewiesen ist, lenkt die Aufmerksamkeit auf die Veränderung des Blutes, welche sich in den oben angeführten Versuchen in Gefolge der Thätigkeit des Muskels bemerklich machte. Die Verdrängung der Kohlensäure, welche dort stattfand, weist auf den Uebertritt nicht flüchtiger Körper von sauren Eigenschaften hin. In der That fand Gruber in Blutproben von unseren gemeinsamen Vorversuchen bedeutende Mengen Fleischmilchsäure (bis 0·095% des Blutes), übereinstimmend mit den älteren Erfahrungen Spiro's[4] an tetanisirten Thieren.

Es schien mir wünschenswerth, wenigstens für einen Versuch den Betrag der neugebildeten Säuremenge zu bestimmen. Es wurde daher bei dem Versuch vom 23. Juli 1884 eine Probe (I) des ursprünglichen, von der Einführung in den Apparat erübrigten Blutes, und ebenso eine Probe (II) des gebrauchten Blutes, welche nach Schluss des Versuches aus dem Apparat entnommen wurde, nach dem im Anhange beschriebenen Verfahren auf Milchsäure untersucht. Es fand sich, für die gesammte Blutmenge berechnet, eine Zunahme der Milchsäure in $^6/_2$ Stunden um 1·480 grm des lufttrockenen Zinksalzes, aequivalent einer Menge von 0·219 grm oder 84 ccm CO_2. Die Menge der thatsächlich ausgetriebenen CO_2 wurde, wie aus Tabelle S. 552 ersichtlich ist, für die ersten $^5/_2$ Stunden gleich 76 ccm gefunden.

Ohne der guten Uebereinstimmung dieses einen Versuches zu grosse Wichtigkeit beizulegen, wird man mit grosser Wahrscheinlichkeit sagen können, dass, wenn nicht die ganze Menge, so doch der grösste Theil der aus dem Blute verschwundenen Kohlensäure durch Milchsäure verdrängt worden ist. Es scheint ferner, dass der Muskel nicht nur in der Arbeitszeit, sondern auch in der Ruhe sehr beträchtliche Mengen von Milchsäure zu bilden im Stande ist, und dass der isolirte von Blut künstlich ernährte Muskel nicht die Fähigkeit besitzt, dieselbe weiter zu zerlegen, so dass die gesammte im Verlaufe des Versuches gebildete Menge sich im Blute und vielleicht auch im Muskel aufspeichert. Es wäre sehr wohl möglich, dass auch im unversehrten Thiere der Muskel nicht der Ort ist, an welchem die aus ihm stammende Milchsäure ihre weitere Zerlegung oder Verarbeitung findet. Der sinkende Kohlensäuregehalt des Blutes nach Phosphor- und Arsenvergiftungen, welchen H. Meyer[5] auf eine Anhäufung von Milch-

---

[1] *Sitzungsberichte der Wiener Akademie.* Math.-naturw. Classe. Bd. VL. S. 171.
[2] *Archiv für experimentelle Pathologie und Pharmakologie.* Bd. II. S. 405.
[3] *Zeitschrift für Biologie.* Bd. II. S. 538.
[4] *Zeitschrift für physiologische Chemie.* Bd. I. S. 111.
[5] A. a. O.

säure zurückführen konnte, weist, da die Leber die stärksten Veränderungen erfährt, auf dieses Organ hin.

Die vollständige Oxydation der Milchsäure, welche in obigem Versuche gebildet worden ist, würde eine Quantität Kohlensäure liefern, welche dem Sechsfachen der vertriebenen Menge gleich ist: $6 \times 84 = 504$ ccm. Sie würde ein bedeutendes Ueberwiegen der Kohlensäureproduction über die Sauerstoffzehrung herbeiführen, wie es innerhalb des Gesammtstoffwechsels für den Muskel erwartet werden muss. Wird von den Kohlensäuremengen abgesehen, welche unter Umständen aus der Oxydation der Milchsäure entspringen können, so erheben sich sofort die Fragen, aus welchem Material stammt die überschüssige, offenbar aus Spaltung entstandene Kohlensäure, die der isolirte ruhende Muskel thatsächlich ausscheidet, welche Substanzen werden in der Ruhe oxydirt; bedeutet die Steigerung der Kohlensäureproduction in der Arbeitszeit eine Steigerung der spaltenden oder oxydirenden Processe? Ich zweifle nicht, dass die vorliegende Methode gestatten wird, vermittelst vergleichender Analysen des Blutes und eventuell der Muskeln, vielleicht auch durch Zusatz von gewissen Substanzen, den Fragen näher zu treten. Dasselbe gilt auch von der merkwürdigen Steigerung der Sauerstoffzehrung während der Arbeit. Da weder das Auftreten der Milchsäure noch die geringe Steigerung der Kohlensäure für ihre Erklärung zureicht, so scheint mir die Erfahrung beherzigenswerth, dass der Muskel des Warmblüters ohne Zufuhr von Sauerstoff so ausserordentlich rasch ermüdet. Nun laufen in dem arbeitenden Muskel die Vorgänge der Zersetzung i. e. der Ermüdung und des Wiederaufbaues oder der Erholung beständig nebeneinander her und es scheint mir die Möglichkeit nicht ausgeschlossen, dass der vermehrte Bedarf von Sauerstoff mit letzterem Process zusammenhängt.

Bezüglich des Umsatzes der stickstoffhaltigen Substanzen sei erwähnt, dass Gruber in Blutproben aus unseren Vorversuchen den Harnstoffgehalt nicht erhöht fand (0·031%), im Einklange mit den Beobachtungen von v. Schröder[1] und W. Salomon.[2] Weder Kreatinin, noch Leucin, noch Tyrosin konnten nachgewiesen werden; von Xanthinkörpern und Ammonsalzen nur Spuren. Dagegen fanden sich Amidosäuren, nicht fällbar durch Phosphorwolframsäure, Bleizucker und Bleiessig, Kupferoxydhydrat reichlich lösend, anscheinend in nicht unbedeutender Menge. In 836 ccm Blut wurden ferner, nach Drechsel's[3] Verfahren 0·1785 grm Carbaminsäure in Form von Calciumcarbonat bestimmt.

---

[1] A. a. O.

[2] Virchow's *Archiv.* Bd. XCVII. S. 149.

[3] *Journal für praktische Chemie.* (N. F.) Bd. XII. S. 417; — *Arbeiten aus der physiologischen Anstalt zu Leipzig.* 1875. S. 92.

Anhang.

Beschreibung des Versuches vom 23. Juli 1884.

Tod des Thieres . . . . 8 h 15′ Gewicht des Thieres . . 14500 grm
Beginn der Durchleitung . 8 h 30′ Gewicht des blutleeren
Beginn der Messung . . 10 h Praeparates . . . . 3980 grm

Der Apparat wurde beschickt mit 1035 ccm Blut
und mit 165 ccm 1/2 proc. Kochsalzlösung
Kreisende Blutmenge zu Beginn des Versuches 1200 ccm

Die Blutspritze machte 44 Hübe in der Minute oder 1320 in der halben Stunde und förderte mit jedem Hube 1·86 ccm Blut. Es gingen also durch jeden Querschnitt der Leitung 2455·2 ccm in der halben Stunde. Auf das Kilo Praeparat kommen $\frac{2455}{3980} = 617$ ccm Blut pro halbe Stunde.

Versuchszahlen:

Zeit	10 h	10 h 30′	11 h	11 h 30′	12 h	12 h 30′	1 h
Blutdruck in Arterie in Mm. Hg	64	70	55	55	56	56	56
Temperatur in Arterie	19·8	19·9	19·9	19·8	19·8	19·9	20·0
Temperatur in Vene	22·5	21·0	20·9	20·7	20·7	20·7	20·8
Temperatur des Blutes hinter dem Kühler	19·9	20·0	20·1	20·1	20·2	20·2	20·3
Temperatur des Zimmers	20·6	20·6	20·9	21.1	21·1	21·1	21·1
Temperatur der circulirenden Luft, gemessen an Th_1 und Th_2	20·75	20·8	21·1	21·3	21·3	21·35	21·4
Luftdruck	755·4	755·4	755·4	755·5	755·4	755·3	755·2
Ueberdruck in der künstlichen Lunge in Mm. Hg (Chlorcalciummanometer)	1·5	1·5	2·2	1·3	1·5	1·5	1·5
Kochsalzmanometer in Mm.	31·5	31·0	36·0	32·0	31·5	31·0	31·5
Kochsalzflasche in Ccm.	18	19	20	52	66	66	69
Luftproben in Procent CO_2	0·08	—	—	—	—	—	0·12
Luftproben in Procent O	20·00	—	—	—	—	—	19·66
Blutproben in Volumprocent CO_2	14·05	12·81	11·69	11·39	8·21	6·62	—
Blutproben in Volumprocent O	11·83	—	11·59	—	—	11·63	—
Blutproben in Volumprocent N	1·69	—	1·71	—	—	2·20	—
Muskeln	—	—	sehr reizbar, Tetanus	—	—	—	sehr reizbar, ohne jede Starre.

Berechnung der Kohlensäure.

Halbe Stunden	1	2	3	4	5	6
Kreisende Blutmenge in Ccm. . . Durch Entnahme der Blutproben verminderte sich dieselbe halbstündig um 50 Ccm.	1150	1100	1050	1000	950	900
Procentischer Verlust an CO_2 . .	1·24	1·12	0·30	3·18	1·59	
Absoluter Verlust an CO_2 in Ccm.	14	12	3	32	15	
In der Barytlösung wurden absorbirt gefunden Ccm. CO_2	148	157	174	166	133	107
Davon stammte aus dem Muskel .	134	145	171	134	118	
Für jedes Kilo Ccm.	34	36	43	34	30	[27]

Berechnung des Sauerstoffes.

Die tetanische Reizung in der dritten Messungsperiode begann fünf Minuten vor 11 Uhr und endete 11^h 25′; sie führt zu folgenden Störungen des Blutkreislaufes. Zunächst wird durch die ersten Tetani eine grössere Menge Blut aus den Venen ausgepresst, eine Erscheinung, die schon Gaskell[1] beobachtet hat. Es kommt in Folge dessen zu einer Anhäufung von Blut in der künstlichen Lunge, von welcher der Kochsalzmanometer Rechenschaft giebt. Sein Stand erhebt sich von 31·0 auf 36·0, was einer Vermehrung der Blutmenge um 30^{ccm} entspricht. Die Compression der Gasmasse des Apparates von 7500 auf 7470^{ccm} müsste zu einer Drucksteigerng auf $756.9 \times \frac{7500}{7470} = 759{\cdot}9^{mm}$ oder zu einem Ueberdruck von $4{\cdot}5^{mm}$ in der Flasche führen. Nun wird aber gleichzeitig immerfort Sauerstoff weggenommen und es findet sich daher im Momente der Ablesung (11^h) nur noch ein Ueberdruck von $2{\cdot}2^{mm}$. Damit in einem Raume von 7470^{ccm} Inhalt der Gasdruck bei constanter Temperatur von 759·9 auf 757·6 sinke, müssen $7470 - 7470 \times \frac{757{\cdot}6}{759{\cdot}9} = 23^{ccm}$ weggenommen werden. Diese Menge ist also zur gefundenen Sauerstoffabsorption hinzu zu addiren. Ihr Ersatz aus dem Sauerstoffgasometer erfolgt zwischen 11^h und 11^h 30′, indem die den Tetanus begleitende Gefässerweiterung für die überschüssige Blutmenge wieder Platz schafft. Der Sauerstoff, der hierbei an ihre Stelle tritt, muss von der gefundenen Absorption abgezogen werden. Nach diesen Bemerkungen dürften die in nebenstehender Tabelle ausgeführten Correcturen der Sauerstoffzahlen verständlich sein. Ich verweise übrigens auch auf Seite 523, wo die Berichtigung der Sauerstoffzahlen für gleichen Druck, gleiche Temperatur und gleiche Blutmenge bereits im Allgemeinen besprochen worden ist. Ich möchte hier nur noch die Aufmerksamkeit darauf lenken, dass in der Periode der

[1] *Arbeiten aus der physiologischen Anstalt zu Leipzig.* 1876. S. 45.

Reizung, sowie in der darauffolgenden zur Erhaltung eines constanten Blutniveaus der Uebertritt von 32, bez. 14 ccm Kochsalzlösung nöthig war. Dass das Nachrücken dieser Mengen nicht ausschliesslich durch die Gefässerweiterung bedingt gewesen sein kann, geht daraus hervor, dass nach Ablauf der Reizung die Mengen nicht wieder aus dem Praeparat zurückkommen. Namentlich die 14 ccm, die in der vierten Periode bei unverändertem Blutdruck neu aufgenommen werden, weisen auf eine Transsudation von Serum hin. Die Mengen von Sauerstoff, die dem Blute durch die nachrückenden Kochsalzmengen zugeführt wurden, mochten etwa 1, bez. 0·5 ccm betragen.

Halbe Stunden	1	2	3	4	5	6
Aus dem Gasometer abgegebener Sauerstoff	106	82	256	187	134	119
Correction für gleiche Temperatur	+ 1	+ 8	+ 5	—	+ 1	+ 2
Correction für gleiche Blutmengen	− 3	+ 30	− 24	− 3	− 3	+ 3
Correction für gleichen Ueberdruck	—	− 7	+ 9	− 2	—	—
Die wirklich absorbirten Sauerstoffmengen betragen	104	113	246	182	132	124
Corrigirt für 1 m Druck und 0° C. Temperatur	73	79	173	128	93	86
Für jedes Kilo	18	20	43	32	23	22
CO_2/O_2	1·83	1·82	0·99	1·05	1·28	[1·24]

Am Schlusse des Versuches ist die Temperatur der circulirenden Luft um 0.65° C. höher als am Anfange; es müssen also nach S. 523, wenn der Druck constant bleiben soll, $6{\cdot}5 \times 2{\cdot}7 = 17{\cdot}55$ ccm Sauerstoff weggenommen werden. Nun ist aber in derselben Zeit der äussere Luftdruck um 0·2 mm Hg gesunken und es müssen zur Erhaltung des Gleichgewichts zwischen dem Druck im Inneren des Apparates und dem Druck aussen, wie es nach den Angaben des Chlorcalciummanometers in der That bestand, noch 2 ccm Sauerstoff entfernt werden. Der Totalverlust an Sauerstoff im Inneren des Apparates durch die erwähnten Ursachen beträgt also 19·55 ccm Sauerstoff oder $\frac{19{\cdot}55}{7500} = 0{\cdot}26$ Procent des gesammten Luftvolums.

Mit diesem Calcul stimmt die beobachtete Verminderung des Sauerstoffes in der zweiten, am Schlusse des Versuches abgenommenen Luftprobe um 0·34 Procent genügend überein.

Bestimmung der Milchsäure.

750 ccm des Blutes, welches zu Beginn des Versuches in den Apparat eingebracht wurde, werden mit dem doppelten Volum Alkohol versetzt zurückgestellt, Probe I. Ebenso werden nach Schluss des Versuches 725 ccm Blut aus dem Apparate gesammelt und mit Alkohol gemischt, Probe II.

Beide Proben wurden wie folgt behandelt:

Das Coagulum wird noch einmal mit kaltem und zweimal mit heissem Alkohol ausgezogen und abgepresst, nach jeder Abpressung wird es im Porcellanmörser fein zerrieben. Die alkoholischen Extracte werden gesammelt, der Alkohol abdestillirt, der wässerige Rückstand zum Kochen erhitzt und vorsichtig mit Schwefelsäure angesäuert. Es bildet sich dabei ein grossflockiger Niederschlag, der das Fett einschliesst und ziemlich leicht abfiltrirt werden kann. Die klare Flüssigkeit wird acht bis zehn Mal mit Aether ausgeschüttelt, die ätherischen Extracte werden abdestillirt, der Rückstand mit überschüssigem Zinkoxyd zum Kochen erhitzt. Aus dem klaren, zu einem möglichst kleinen Volum eingeengten Filtrat werden die Zinksalze durch absoluten Alkohol ausgefällt, der krystallinische Niederschlag auf dem Filter gesammelt, getrocknet und gewogen.

Es fanden sich in Probe I . . . . . 0·101 grm

oder in der ganzen Blutmenge von 1200 ccm $0{\cdot}101 \frac{1200}{750} = 0{\cdot}1616$ grm

in Probe II . . . . . 1·1518 grm

oder in der ganzen Blutmenge von 900 ccm $1{\cdot}1518 \frac{900}{725} = 1{\cdot}4298$ grm

die Zunahme betrug also . . . . . 1·2682 grm

Die Mengen von Milchsäure, welche durch die zum Zwecke der Gasanalyse halbstündig entnommenen Blutproben von je 50 ccm verloren gingen, lassen sich unter Annahme einer der Zeit proportionalen Vermehrung berechnen zu . . . . . 0·212 grm

Die gesammte innerhalb drei Stunden gebildete Menge würde als lufttrockenes Zinksalz gewogen haben . . 1·4802 grm

Verhandlungen der physiologischen Gesellschaft zu Berlin.

Jahrgang 1884—85.

XIV. Sitzung am 5. Juni 1885.[1]

Hr. Hans Virchow hält den angekündigten Vortrag: „Ueber Glaskörperzellen."

1) Beim Alpakaschaf wurden reichlich-verzweigte Zellen mit einem oder auch mehreren Kernen auf der Oberfläche des Glaskörpers gefunden. Dieselben waren über die ganze Oberfläche in gleichmässiger Vertheilung und einfacher Schicht ausgebreitet.

2) Beim Huhn fanden sich schlanke Zellen, z. Th. faser- oder spindelförmig, z. Th. mit mehreren Ausläufern, welche in einfacher Schicht einen grossen Theil der Glaskörperoberfläche in gleichmässiger Vertheilung einnahmen. Dieselben wurden in den Augen zweier Hühner gefunden, dagegen in dem eines dritten und in denen dreier Enten vermisst.

3) Auf dem Glaskörper des Frosches findet man:

1. Zellen mit einem schleierhaft zarten weit ausgespannten Leibe, in der Regel zwei Gefässe verbindend; dieselben sind gleichwerthig einer Form von Zellen, welche an der Aussenseite von Gefässen eine adventitielle Formation bilden.

2. Granulirte Zellen, bald rundlich, bald in die Länge gezogen und weit ausgestreckt.

3. Runde Zellen mit rundem Kerne und geringem Protoplasmahof (Leukocyten?).

4. Polymorphe Zellen (gleichfalls Leukocyten?), entweder zu dünnen, unregelmässigen Platten ausgebreitet und so dem Anscheine nach zerfliessend, oder in dünne Fortsätze ausgestreckt, die bald durch tropfenförmiges Aufquellen, bald durch Abreissen von Stücken zu Grund zu gehen scheinen.

---

[1] Ausgegeben am 26. Juni 1885.

15. Sitzung am 19. Juni 1885.[1]

Hr. HÖLTZKE hält den angekündigten Vortrag: „Experimentelle Untersuchungen über intraocularen Druck." (Fortsetzung, Circulationsverhältnisse des Auges.)

Die Höhe des intraocularen Druckes ist in letzter Instanz abhängig von der Höhe des Blutdruckes. Momente, welche den Blutdruck steigern, erhöhen auch den intraocularen Druck: z. B. CO_2-Intoxication (Aussetzen der Ventilation bei curarisirten Thieren), Reizung der Splanchnici, des Gefässcentrums, des Sympathicus, sensibler Nerven, Unterbindung grosser Arterienstämme (Aorta abdominalis), Einverleibung gewisser Gifte (Nicotin). Ebenso Stauung im Venensystem, besonders in der Nähe des Augapfels (Unterbindung der Venae vorticosae); endlich übertragen sich respiratorische Blutdrucksschwankungen in der Art, dass der intraoculare Druck bei der Exspiration etwas steigt. Momente, welche den Blutdruck herabsetzen, verringern die Spannung im Auge: Starke Blutverluste, Schwächung des Herzens, Durchschneidung der Splanchnici, des Sympathicus, des Halsmarkes, Reizung des Depressor, des centralen Stumpfes vom Laryngeus sup. Weiterhin Narcotica (Chloroform, Morphium, Chloral, auch Curare). Endlich Exitus letalis. Nach letzterem verbleibt regelmässig ein hydrostatischer Druck von 8—10 ^{mm} Hg im Auge.

Was nun die Circulation des Auges speciell betrifft, soweit sie von nervösen Einflüssen abhängt und soweit Druckbestimmungen in dieselbe einen Einblick gestatten, so ist festzuhalten, dass der einzige Nerv, über dessen Einfluss in dieser Beziehung etwas Näheres eruirt ist, der Sympathicus ist. Durchschneidung dieses Nerven am Halse bewirkt neben der Verengerung der Pupille constant ein Sinken des intraocularen Druckes bis um 6 ^{mm} Hg, Reizung des peripheren Stumpfes fast regelmässig ein Steigen bis um 14 ^{mm}. Bei der faradischen Reizung beobachtet man, falls dieselbe einige Zeit fortgesetzt wird, noch während der Reizung ein Sinken des Augendruckes, doch so, dass die anfängliche Drucksteigerung nicht völlig wieder verschwindet. Durch Reizung mit sehr schwachen Strömen, welche eben eine deutliche Pupillenerweiterung bedingen, lässt sich eine Drucksteigerung bewirken, die sich eine Minute lang auf gleicher Höhe hält. Bei der Reizung des Ganglion supremum erhält man ganz dieselben Resultate, nur sind jetzt stärkere Ströme, entsprechend dem grösseren Querschnitt der gereizten Strecke, wie Hr. Prof. E. du Bois-Reymond in einer mündlichen Mittheilung wahrscheinlich machte, erforderlich. Exstirpation des Ganglion hat Sinken des Augendruckes zur Folge,

Alle diese Angaben beziehen sich auf den Druck im Glaskörper ebenso gut wie auf den Kammerdruck. Die Wirkung des Sympathicus ist an die Blutcirculation des Auges gebunden. Klemmt man beide Carotiden ab, so sinkt der Augendruck beträchtlich (bis auf etwa 14 ^{mm} Hg). Reizungen des Sympathicus sind jetzt ohne Erfolg. Dasselbe lässt sich noch anders beweisen: Stellt man den Inhalt des Bulbus durch Schrauben am Manometer künstlich unter einen hohen Druck von 100 ^{mm} und darüber, so wird an der Circulation in der Orbita nichts geändert, nur kann kein Blut in's Auge einströmen; unter diesen Verhältnissen erweist sich Sympathicusreizung wiederum erfolglos, trotzdem sich die Pupille, ebenso wie bei abgeklemmten Carotiden, prompt erweitert.

---

[1] Ausgegeben am 26. Juni 1885.

Hieraus folgt, dass die Erklärung von v. Hippel und Grünhagen, welche die drucksteigernde Wirkung der Sympathicusreizung der glatten Musculatur der Orbita zuschreiben und von der Gefässverengerung bei der Reizung des Halsstranges eine Druckherabsetzung erwarten, unrichtig ist.

Es wurde noch der Einfluss des Sympathicus auf das atropinisirte Auge untersucht. Durchschneidung des Halsstranges bewirkt im Allgemeinen geringere Druckherabsetzung, als im normalen Auge, manchmal bleibt dieselbe sogar ganz aus, trotzdem sich die Pupille deutlich verengt; niemals aber folgt auf die Durchschneidung eine Steigerung des Druckes. Reizung des Sympathicus bewirkt, wie am normalen Auge, Drucksteigerung; nur erreichte dieselbe am atropinisirten Auge öfter nicht so hohe Werthe, als am Controlauge.

Bei Gelegenheit dieser Versuche war aufgefallen, dass das atropinisirte Auge meistens durchschnittlich geringere Druckwerthe aufzuweisen hatte, als das Controlauge. Dies gab Veranlassung, die Wirkung des Atropins nochmals einer Prüfung zu unterwerfen. Aus 7 technisch gut gelungenen Versuchen ergaben sich folgende mittlere Maxima:

Atropinauge:	Controlauge:
Mittleres Maximum 37·0 mm,	Mittleres Maximum 40·7 mm,
Pupille 6 × weit, 1 × eng.	Pupille 3 × weit, 4 × eng.

Hiernach ist der frühere Satz: dass Atropin sicher keinen direct erhöhenden Einfluss auf den Kammerdruck ausübt, dahin zu erweitern: Atropin setzt an sich den intraocularen Druck deutlich herab, dagegen erhöht es denselben vermöge seiner pupillenerweiternden Kraft. Da, wie soeben bewiesen wurde, der Sympathicus fast nur durch Vermittelung des Blutdruckes auf die Höhe der Spannung des Augapfels einwirkt, und zwar unter Verengerung der intraocularen Gefässe, da ferner Eserin, welches die Gefässe verengt, ebenfalls den Druck steigert, andererseits Atropin und Sympathicusdurchschneidung die Gefässe erweitern und den intraocularen Druck herabsetzen, so sieht sich Vortragender zu dem Schluss gedrängt, dass durch die Verengerung der Gefässe, sobald dieselbe eine gewisse Grenze nicht übersteigt und dem Auge überhaupt zu wenig Blut zugeführt wird, und in Folge des dadurch gesteigerten intravascularen Druckes, eine erhöhte Transsudation in das Auge stattfindet. Diese Auffassung, welche besonders der von v. Hippel und Grünhagen sehr mangelhaft gestützten Behauptung, dass der Trigeminus den intraocularen Druck so bedeutend erhöhe, und dass diese Wirkung auf Gefässdilatation zurückzuführen sei, entgegentritt, findet eine Stütze in der Beobachtung Schultén's, welcher bei Sympathicusreizung nicht nur die Arterien des Augengrundes sich contrahiren sah, sondern in hohem Grade auch die Venen, so dass hiernach ein den Blutdruck steigerndes Hinderniss auch jenseits des Gefässbezirkes, aus welchem Transsudation von Lymphe stattfindet, jenseits der Capillaren, gegeben wäre.

Endlich ist auch das vom Vortragenden nachgewiesene gesetzmässige Ansteigen des Augendruckes bei Pupillenerweiterung, sowie das Sinken bei Pupillenverengerung sehr einfach auf Circulationsänderungen zurückzuführen, insofern bei Mydriasis das Stromgebiet des Uvealtractus sich einengt und bei Myose sich vergrössert.

XVI. Sitzung am 3. Juli 1885.[1]

1. Hr. Waldeyer berichtet über die Ergebnisse einer in der anatomischen Anstalt ausgeführten Untersuchung des Hrn. Fischelis, betreffend die Entwickelung der Schilddrüse. Es konnten die Angaben von Born, dass wir bei der Entwickelung des genannten Organs eine mediane unpaare und zwei laterale Anlagen zu unterscheiden haben, bestätigt werden. Der Vortragende knüpfte hieran einige Bemerkungen über die bisher aufgestellten Ansichten angehend die phylogenetische Bedeutung der Glandula thyreoidea.

2. Hr. Eulenburg spricht: „Ueber das Wärmecentrum im Grosshirn."

Es ist nicht meine Absicht, über das von den HH. Aronsohn und Sachs beschriebene sogenannte Wärmecentrum im Grosshirn das Wort zu nehmen, was ich übrigens schon an einem anderen Orte[2] gethan habe. Ich möchte mir vielmehr nur einige Bemerkungen im Anschlusse an den neulichen Vortrag des Hrn. Raudnitz „über das thermische Centrum der Grosshirnrinde" in der Sitzung vom 1. Mai d. J. erlauben. Leider habe ich bei dem Vortrage selbst nicht zugegen sein können, bin daher genöthigt, mich in meiner Kritik lediglich auf das gedruckt vorliegende Sitzungsprotocoll (S. oben S. 346) zu beziehen.

Es dürfte zweckmässig sein, vorauszuschicken, dass Landois und ich in unserer vor neun Jahren veröffentlichen Arbeit[3] nirgends von einem „thermischen" oder einem „gefässbeherrschenden Centrum", sondern stets nur von thermisch wirksamen Bezirken (oder Abschnitten) der Grosshirnrinde, beim Hunde, gesprochen haben. Dies zu betonen ist, um Missverständnisse zu verhüten, um so mehr geboten, als es sich ja bei unseren Versuchen überhaupt nicht um ein einheitlich die Wärmeoekonomie des Körpers regulirendes Centrum (wie möglicherweise das der HH. Aronsohn und Sachs), sondern im besten Falle nur um wärmehemmende regionäre oder Localcentren handelt. Die von uns gewählte, nicht praejudicirende Bezeichnung könnte auch bei der von Hrn. Raudnitz untergelegten Deutung der Versuche unverändert bestehen.

Wenn Hr. Raudnitz annimmt, dass unsere Versuche bisher nur von Hitzig und Reinke Bestätigung gefunden hätten, so sind ihm doch hierbei die vielfachen bestätigenden und theilweise ergänzenden experimentellen und klinischen Befunde von Albertoni, Ripping, Reinhard, Berger, Bechterew, Feinberg und manchen Anderen entgangen. Ich will nur hervorheben, dass Albertoni[4] unsere Angaben nicht nur hinsichtlich der Rinde bestätigt, sondern sie dahin erweitert, dass auch Durchschneidung des Pedunculus cerebri bei Hunden, sowie krankhafte Entartung desselben beim Menschen ebenfalls Temperaturerhöhung der gegenüberliegenden Körperseite zur Folge habe. [In einem klinischen Falle von gänzlicher Erweichung des einen Pedunculus durch

[1] Ausgegeben am 10. Juli 1885.

[2] Vgl. *Verhandlungen des Vereins für innere Medicin.* Jahrg. IV. S. 151.

[3] Ueber die thermischen Wirkungen localisirter Reizung und Zerstörung der Grosshirnoberfläche. Virchow's *Archiv.* 1876. Bd. LXVIII.

[4] *Rendiconto delle ricerche sperimentali esequite nel gabinetto di fisiologia della R. Universita di Siena.* 1877.

ein Gliosarcom war die contralaterale Temperatur bei Lebzeiten regelmässig höher, bis um 0·8°; dabei waren, wie bei den operirten Thieren, Hyperaemien und Blutergüsse in den Gelenken der wärmeren Körperhälfte vorhanden.] Ich übergehe die bei Verletzten, Geisteskranken u. s. w. von den oben genannten Autoren und von mir selbst gemachten bezüglichen Beobachtungen, und erwähne nur noch die neueren Untersuchungen von Feinberg.[1] Dieser will gefunden haben, dass es möglich ist, bei Hunden und selbst bei Menschen durch percutane Galvanisation der entsprechenden frontoparietalen Schädelabschnitte eine vorübergehende Temperaturerniedrigung in den contralateralen Extremitäten — nach Analogie unserer Reizversuche — zu erzielen. Dieselbe betrug bis zu 4°, hielt 10—20 Minuten an, worauf allmählich eine Ausgleichung oder selbst ein Hinaufgehen über die anfängliche (beiderseits gleiche) Temperaturhöhe erfolgte.

Als Gegner unserer Versuche erwähnt Hr. Raudnitz die Namen Vulpian, P. H. Rosenthal und Küssner. In Betreff Vulpian's liegt wahrscheinlich ein Missverständniss zu Grunde. Ich habe wenigstens die sehr zahlreichen Vulpian'schen Mittheilungen an die Pariser Akademie,[2] welche sich auf die Grosshirnrinde beziehen, wiederholt durchgelesen, ohne darin auch nur die geringste Erwähnung bez. Bekämpfung der von Landois und mir angestellten Versuche zu finden. Ich zweifle aber nicht, dass Vulpian insofern unser Gegner sein würde, als er überhaupt allen Localisationsversuchen in der Grosshirnrinde principiell ablehnend gegenübersteht und sich z. B. über die sensorischen Centren ziemlich abfällig äussert.[3] P. H. Rosenthal (Diss., Berlin 1877) gelangte zu unentschiedenen Resultaten. Was aber Küssner betrifft, so möchte ich doch bitten, ihn bei dieser Gelegenheit ganz aus dem Spiele zu lassen. Er hat absolut nichts widerlegt und nichts bewiesen, da er nur am Kaninchen experimentirte, bei welchem die Erfolglosigkeit der bezüglichen Versuche von Landois und mir schon längst constatirt war.

Gegen das von uns angewandte Verfahren der thermoëlektrischen Messung — welches bei äusserster Genauigkeit zugleich eine ununterbrochene Controle des zeitlichen Verlaufes der Erscheinungen ermöglicht — erhebt Hr. Raudnitz, augenscheinlich ohne dieses Verfahren selbst geprüft zu haben, von vornherein einen, wie mir scheint, ziemlich belanglosen Einwand. Er meint nämlich, dass diese Methode ganz fehlerhafte Ergebnisse liefern musste, wenn die Thermonadeln an symmetrischen Körperstellen (unter der Haut beider Pfoten) angebracht waren, da der Gefässzustand der einen Extremität in verschiedener Weise auf den der anderen zurückwirkt. Letzterer Umstand ist natürlich auch uns nicht unbekannt und u. A. bei Gelegenheit der Kochsalzversuche ausdrücklich berücksichtigt. Für die kurzdauernden elektrischen Reizversuche kam jedoch hierauf nichts an, weil directe vergleichende Messungen mit Pfotenthermometern ergaben, dass, während die Temperatur der gegenüberliegenden Seite bereits deutlich sank, die Temperatur der gereizten Seite noch keine Veränderung darbot. Wenn man nun die thermoëlektrischen Messungen in der Weise vornimmt, dass vor dem Beginn der Reizung die Scala

---

[1] *Zeitschrift für klinische Medicin.* 1883. Bd. VII. Hft. 3. S. 282.

[2] *Comptes rendus de l'Académie des sciences.* 1885. No. 12, 13, 17 etc.

[3] „Les expériences relatives à ces régions sont peu nettes et les physiologistes s'accordent en général à leur attribuer beaucoup moins de valeur" etc. (l. c. Nr. 12.)

ruhig einsteht (was für eine gewisse Zeitdauer wenigstens gut erreichbar ist), so geht aus der bei der Reizung sofort eintretenden Ablenkung der Scala in bestimmter Richtung eine Wärmedifferenz der beiden Thermoëlemente, und zwar zu Gunsten des auf der gereizten Seite befindlichen hervor (durch den in der wärmeren Nadel vom Neusilber zum Eisen gehenden Strom erfolgt sofort Ablenkung des Magnetes). Diese Differenz kann nach Lage der Dinge eben nur durch die Temperaturerniedrigung der gegenüberliegenden Pfote bedingt sein. Uebrigens haben wir in einzelnen Versuchen die zweite Nadel nicht an der symmetrischen Stelle eingestochen, sondern dieselbe einer möglichst gleichmässigen Wärmequelle (Lampe) ausgesetzt. Auch hier zeigte sich nach vorherigem Einstand der Scala eine Ablenkung derselben auf Reizung, in gleicher Richtung wie bei den früheren Versuchen. — Gewisse Fehlerquellen sind dabei wegen der ausserordentlich grossen Empfindlichkeit des benutzten Instrumentes (eines Meissner-Meyerstein'schen Elektrogalvanometers, mit freischwebendem Magnet, Hülfsmagnet und Gauss'schem Dämpfer) nicht ganz zu vermeiden. Indessen fallen kleine Schwankungen der Scala um wenige Millimeter hier nicht in's Gewicht, da ein Millimeter der Scala nur $\frac{1}{138}{}^0$ C. entspricht, die Wärmedifferenz bei der Reizung aber eine Ablenkung der Scala um mehrere Centimeter (und darüber) veranlasst.

In Betreff der Reizversuche kann ich Hrn. Raudnitz auch darin nicht beistimmen, dass bei uncurarisirten Thieren Reizung, die von keiner Bewegung begleitet wird, auch ohne thermischen Erfolg bleibe, stärkere Reizungen dagegen, entsprechend der Intensität der Bewegungen, von einem vorübergehenden Absinken mit folgender Erhebung begleitet seien. Wir fanden in der Regel bei schwachen Strömen eine allerdings geringe (durchschnittlich $0 \cdot 2$—$0 \cdot 5^0$ C. nicht übersteigende) Abkühlung mit allmählicher Ausgleichung; bei stärkerer Reizung dagegen meist unregelmässige Oscillationen der Scala oder unter Umständen sogar eine geringe primäre Temperatursteigerung. Ganz dasselbe Resultat wurde übrigens auch an curarisirten, der künstlichen Respiration unterworfenen Thieren erhalten.

Bezüglich der Resultate unserer Zerstörungsversuche muss ich daran erinnern, dass die Temperaturdifferenz bei den Thieren bereits eintrat und thermometrisch nachgewiesen werden konnte, bevor die Thiere aus der Chloroformnarkose erwachten, bevor sie irgend welchem Lagewechsel ausgesetzt waren oder spontane Bewegungen ausführen konnten (wie dies auch in unseren Mittheilungen mehrfach ausdrücklich betont wird). Es ist daher nicht wohl zulässig, hier auf ein Herabgekommensein der Thiere durch die Operation, auf den Einfluss passiver Lageveränderungen u. dergl. zu recurriren. Später liefen die Hunde umher, wurden im Stalle gut gehalten, gut verpflegt; manche derselben zeigten trotzdem noch mehrere Wochen und selbst mehrere Monate nach der Operation merkliche, wenn auch allmählich abklingende Temperaturdifferenzen in stets identischer Richtung. (Das in Spiritus aufbewahrte Gehirn eines solchen Hundes, welches das sehr begrenzte Zerstörungsgebiet noch deutlich erkennen liess, wurde vorgelegt.)

Hr. Raudnitz ist nun der Meinung, dass selbst etwa vorhandene regelmässige Temperaturdifferenzen nicht auf unmittelbare vasomotorische Einflüsse zurückgeführt zu werden brauchten, sondern dass, von den Lageverhältnissen abgesehen, der herabgesetzte Tonus der betreffenden Extremitäten

daran zum Theile die Schuld trage. Es ist auch von Landois und mir ausdrücklich hervorgehoben worden, dass in den erfolgreichen Operationsfällen zumeist (nicht immer) Störungen der Motilität und des Muskelbewusstseins, von allerdings häufig kürzerer Dauer als die thermische Störung, beobachtet wurden. Wir haben gerade hieraus Veranlassung genommen, eine nahe Nachbarschaft der thermisch wirksamen und der correspondirenden motorischen Rindenbezirke als nothwendig zu postuliren. Hr. Raudnitz gelangt jedoch zu der, vom pathologisch-klinischen Standpunkte aus völlig unhaltbaren Vorstellung, dass die Verminderung des Muskeltonus an sich mit (andauernder) Erwärmung der Extremität etwas zu thun habe. Er will diese Annahme durch Versuche stützen, in denen sich die Pfote jenes Beins, dessen Achillessehne durchschnitten war, unter Morphium- oder Aetherwirkung rascher erwärmte als die normale. Da eine ausführlichere Mittheilung dieser Versuche fehlt, so unterlasse ich es, in eine Kritik derselben einzutreten, zumal sie, wie mir scheint, mit dem vorliegenden Streitpunkte nur wenig oder gar nichts zu thun haben. Denn ich glaube nicht, dass der Zustand eines Beins, dessen Achillessehne durchschnitten ist, ohne Weiteres identificirt werden kann mit dem einer Extremität, deren „Tonus" (falls wir diesen Ausdruck überhaupt anerkennen wollen) auf Grund cerebraler Läsionen alterirt, bez. gleichmässig herabgesetzt ist. — Jedenfalls kann die lange Andauer der Temperaturerhöhung in unseren Versuchen aus der „Atonie" in keiner Weise erklärt werden, da in Gliedmaassen, deren willkürliche Musculatur gelähmt oder erschlafft ist, mit der Zeit stets in Folge der verlangsamten Circulation und der verminderten Wärmeproduction die Localtemperatur unter die Norm, bez. unter die Temperatur der symmetrischen Extremität sinkt.

Ein unmittelbarer Einfluss der Hirnrinde auf die peripherischen Gefässe wäre nach Hrn. Raudnitz „erst noch zu erweisen." Ein solcher Einfluss ist von Landois und mir nur hypothetisch als wahrscheinlichstes Erklärungsmoment hingestellt; die Giltigkeit unserer Versuche selbst also ist in keiner Weise an die Anerkennung jener Hypothese gebunden. Indessen sprechen doch ausser den schon früher von uns geltend gemachten auch noch manche neuere Thatsachen zu Gunsten der Ansicht, dass allerdings von der Rinde aus ein direct bestimmender Einfluss auf vasomotorische Bahnen der gegenüberliegenden Körperseite geübt werde. Ich erinnere zunächst an die schon erwähnten Angaben von Albertoni, der nach Zerstörung der betreffenden Hirnrindenabschnitte bei Hunden ausser der contralateralen Temperatursteigerung auch Blutungen in den Gelenken (besonders im Hüftgelenk) der gegenüberliegenden Seite beobachtete. Entsprechende Befunde wurden von ihm auch am Menschen in zwei mitgetheilten pathologischen Fällen erhalten. Lépine ferner sah bei curarisirten Hunden auf Reizung des Gyrus postfrontalis, sowie eines Theils des Gyrus praefrontalis mit schwachen Inductionsströmen eine erhebliche Spannungszunahme der Art. cruralis (so stark wie auf Ischiadicusreizung), die bei Reizung anderer Hirnrindenabschnitte ausblieb. Eine entschiedene Bestätigung unserer Annahme enthalten ferner die unter Landois' Leitung angestellten Versuche von Reinke.[1] Dieser

[1] *Untersuchungen über die Veränderung des Blutdruckes und der Pulsbewegung nach Zerstörung der thermisch wirksamen Region der Grosshirnrinde beim Hunde.* Dissertation. Greifswald 1882.

bestätigte, dass die motorischen Störungen nach der Rindenverletzung mit den thermischen nicht nothwendig coincidiren; dass ferner beim Vorhandensein der letzteren (in den Zerstörungsversuchen) der Widerstand der Arterienwand gegen seitliche Belastung an der gegenüberliegenden Femoralis erheblich vermindert war und zugleich sphygmographisch die Erscheinungen verminderter Spannung (geringe Höhe, breiter Gipfel, sehr schwache, verwischte Elasticitätsschwankungen im Bereiche der Rückstosselevation) an den Curvenbildern der gegenüberliegenden Seite in ausgesprochener Weise hervortreten (vgl. die seiner Dissertation beigegebenen Abbildungen). — Schliesslich gestatte ich mir noch zu erwähnen, dass neueren, noch nicht abgeschlossenen Versuchen von Landois zufolge auch isolirte Durchschneidungen der Capsula interna bei Hunden analoge Effecte, wie Zerstörung der thermisch wirksamen Rindenabschnitte, zur Folge haben. Die vasomotorischen Bahnen scheinen demnach von der Rinde her durch die zugehörigen Stabkranzbündel (gemeinschaftlich mit den correspondirenden corticomusculären Leitungsbahnen?) zur Capsula interna zu verlaufen, um in Pedunculus und Pons überzugehen, woselbst die Existenz vasomotorischer Bahnen ja schon seit längerer Zeit angenommen und durch zahlreiche Versuche sichergestellt ist.

3. Hr. G. Salomon hält den angekündigten Vortrag: „Ueber einen neuen Bestandtheil des menschlichen Harns."

Neben dem früher[1] von mir beschriebenen Paraxanthin findet sich im normalen menschlichen Harn noch ein neuer Xanthinkörper, den ich „Heteroxanthin" genannt habe. Bei dem üblichen Darstellungsverfahren bleibt er ebenso wie das Paraxanthin mit dem Xanthin in derselben Lösung; bei mässigem Eindampfen der letzteren fällt er vermöge seiner Schwerlöslichkeit zuerst und zwar in Form eines rasch zu Boden sinkenden amorphen Pulvers aus. Von den Eigenschaften des Heteroxanthins sind folgende die wichtigsten: Auf dem Platinblech erhitzt schwindet es, ohne zu schmelzen, unter Entwickelung von Blausäure; beim Eindampfen mit Salpetersäure bleibt es rein weiss und nimmt beim nachträglichen Zufügen von Natronlauge nur eine schwache, schmutzig röthliche Färbung an. In Ammoniak gelöst fällt es beim Zusatz von Silbernitrat in Form eines gelatinösen Niederschlages aus, der sich schon in sehr wenig Salpetersäure löst; beim Erkalten scheidet sich das Silberdoppelsalz in wohlausgebildeten Krystallen aus. Mit Mineralsäuren bildet es makroskopisch krystallisirende Salze. Beim Zusatz von Natronlauge entsteht, wie beim Paraxanthin, eine krystallisirende schwer lösliche Verbindung, die sich jedoch vom Paraxanthinnatron durch ihre Krystallform deutlich unterscheidet. (Diese Reaction findet eine zweckmässige Verwendung bei der Reinigung des Rohproductes.) Mit Pikrinsäure giebt es keine Fällung.

Nach den vorliegenden Elementaranalysen darf das Heteroxanthin mit einiger Wahrscheinlichkeit als ein Methylxanthin angesprochen werden, würde also eventuell zwischen Xanthin und Paraxanthin (Dimethylxanthin) in der Mitte stehen.

Die ausführliche Mittheilung meiner im chemischen Laboratorium des pathologischen Institutes angestellten Untersuchungen wird an einer anderen Stelle erfolgen.

[1] *Diese Verhandlungen* vom 30. Juni 1882, abgedruckt im *Archiv für Anatomie und Physiologie.* Physiol. Abth. 1882. — *Berichte der deutschen chemischen Gesellschaft.* 1883. Jahrg. XVI. Heft 2. — *Zeitschrift für klinische Medicin.* Suppl. z. Bd. VII. (Jubelheft.) S. 63.

XVII. Sitzung am 17. Juli 1885.

1. Hr. HANS VIRCHOW hält den angekündigten Vortrag „Ueber den ciliaren Muskel des Frosches".

Dieser Muskel hat eine Länge von 0·25 mm und etwa eine um das Zehnfache kleinere Dicke in einem Auge, dessen Axe 9·5 mm, dessen Linse 6·15 mm im langen Durchmesser und 5 mm in der Axe misst. Er besteht aus dicht aneinanderliegenden glatten Muskelfasern mit langen Kernen und ist vorn an die Sklera, hinten an die Chorioides so befestigt, dass er die Richtung eines Tensor chorioideae hat. Vom Ligamentum pectinatum iridis ist er durch einen Spalt, einen Fontana'schen Canal getrennt.

2. Derselbe hält den angekündigten Vortrag „über die verschiedenen Formen des Ligamentum pectinatum iridis".

Das Lig. pect. ir. ist seiner Textur nach als „Netzwerk des Hornhautiriswinkels" zu bezeichnen. Dieses Netzwerk ist in sehr verschiedenem Grade entwickelt in einer Weise, die sich nicht aus der Verwandtschaft der Thiere erklären lässt, sondern aus complicirten Verhältnissen des Augeninneren. Beim Menschen ist es so schwach, dass man keine Veranlassung hätte, viel Notiz von ihm zu nehmen; stärker bei den Anthropoiden (Gorilla, Schimpanse, Orang). Beim Kaninchen besteht es aus einer geringen Zahl kurzer dicker Balken, welche direct von der Sklera zur Iriswurzel hinübergehen, so dass man an unvollkommenen Praeparaten den Eindruck erhält, als sei die Iriswurzel mit der Sklera selbst verbunden. Von Raubthieren zeigt der Wickelbär (Cercoleptes) es nicht sehr reichlich entwickelt, wohl aber Hund und Katze. Es ist bei diesen locker gefügt, die Längsrichtung seiner Maschen in der Richtung des Musculus tensor chorioideae, wobei die vordersten, an den freien Theil der Kammer anstossenden Fasern aus der Richtung der hinteren Hornhautfläche abbiegend unter rechtem Winkel auf die vordere Fläche der Iriswurzel stossen. Bei der Ziege ist es derber und in einen inneren (der Iriswurzel anliegenden) lockern und äussern (der Sklera anliegenden) engmaschigen Theil gesondert. Weitaus am mächtigsten entfaltet ist es beim Seehunde, bei dem es den Pupillenrand erreicht, an der Hornhautskleragrenze aber rechtwinkelig ansetzt, vorwärts und rückwärts divergirend. Da wo die Balken die Iris berühren, hängen theilweise in ihnen Gefässe, und da, wo sie an die Sklera stossen, circuläre Faserzüge, welche als abgelöste Abschnitte der den Skleralwulst bedingenden Züge angesehen werden können, so dass das Netzwerk innen den Eindruck von „Irisfortsätzen", aussen den von „Sklerafortsätzen" macht. Seine Balken sind von Pigmentzellen umkleidet, sowie man eine theilweise pigmentirte Bedeckung auch bei Hund, Seekuh und Frosch und in den tieferen Partien des Netzwerkes Tapetalzellen bei der Katze findet. Bei der Seekuh (Manatus americanus, Berliner Aquarium) ist das Netzwerk reichlich entwickelt, wenn auch nicht entfernt so wie beim Seehunde. Sehr ausgebildet ist es bei Vögeln (Geier), durch zarte Fasern dargestellt, deren Ansatz die Hälfte der vorderen Irisfläche einnimmt und nach vorn und hinten divergirt. Bei der Ringelnatter ist es zart und nicht breit. Beim Frosche gross im Vergleich zu den anderen Theilen des Corpus ciliare (Muskel und Falten), zart und ebenso wie bei Vögeln

[1] Ausgegeben am 24. Juli 1885.

und Seehund divergirend; dabei an seinem hinteren Rande gegen den zwischen ihm und dem Muskel liegenden Fontana'schen Canal durch eine lamellöse oder bandartige Schicht begrenzt.

3. Hr. Christiani theilte im Anschluss an in der Gesellschaft gehaltene Vorträge über Wärmecentren im Gehirne folgende Bemerkungen mit.

Reizung, bezüglich normale Erregung des Inspirationscentrums und des Coordinationscentrums in den Sehhügeln[1] bewirkt Vermehrung und Vertiefung der Athmung, sowie Aenderung der Herzthätigkeit und vermittelt die zur Erhaltung der Coordination und des Gleichgewichtes bei Stand, Sitz und Locomotion nöthige Innervation der Muskeln. Es wirken bei Reizung diese Theile auf Respiration und Muskelthätigkeit im Allgemeinen die Thätigkeit steigernd ein (bis zum Tetanus). So erklärt sich ihre Bedeutung für die Temperaturverhältnisse des Körpers.

Die Reizung aber vorgelegener Theile, des Grosshirnes oder der Streifenhügel, kann, soweit sie die Temperatur beeinflussend auftritt, nicht gut anders als durch mittelbare Reizung der Sehhügel, bezüglich dahinter gelegener Theile, wirken. Denn nach Fortnahme der Grosshirnhemisphaeren und der Streifenhügel (ohne Blutung) zeigen sich Respiration, Schlagfolge des Herzens und Temperatur nicht merklich verändert, während nach Fortnahme der Sehhügel oder nach Zerstörung der dort gelegenen Centren die Temperatur rapide sinkt.[2]

XVIII. Sitzung am 31. Juli 1885.

1. Hr. Dr. Biondi aus Neapel (a. G.) berichtet unter Demonstration von Praeparaten „Ueber die Ergebnisse seiner Untersuchungen betreffend die Spermatogenese", welche er im Laufe des verflossenen Jahres im Berliner anatomischen Institute ausgeführt hat.

Bis zum Jahre 1865 herrschte grosse Uebereinstimmung bei allen Forschern über den Bau des Samencanälcheninhalts und die Entwickelung der Samenfäden. Alle hatten nur eine Art von runden Zellen in den Canälchen gefunden und auf Grund wiederholter Beobachtungen bestätigt, dass die Samenfäden von diesen runden Zellen herstammen.

Im Jahre 1865 aber begannen die Ansichten in Folge einer Arbeit von Sertoli weit auseinander zu gehen. Dieser Forscher fand in den Samencanälchen ausser den schon lange bekannten runden Zellen eigenthümliche Elemente, die, mit breiter Basis der Canälchenwand aufsitzend und durch die Schicht von runden Elementen hindurchgehend, in das Canälchenlumen gelangen, wo sie oft verzweigt erscheinen. Sertoli selbst in seinen folgenden Arbeiten und andere Forscher, wie Kölliker, Henle, La Vallette, Merkel, Swaen, Masquelin u. A. konnten die Existenz dieses neuen Elements bestätigen und beschrieben den breiten und abgeplatteten Fuss, mit dem Kern, die terminalen

---

[1] S. hierzu, sowie überhaupt zu dem Obigen: Arthur Christiani, *Zur Physiologie des Gehirnes.* Berlin 1885. Enslin.

[2] A. a. O. S. 23.

[3] Ausgegeben am 7. August 1885.

Verzweigungen und die unbestimmten Contouren. — Was die Function betrifft, so meinte Sertoli, dass diese Elemente möglicherweise den secretorischen Werth von cylindrischen Drüsenepithelien hätten und bezeichnete sie daher als epitheliale, verzweigte Elemente, — Merkel und Henle jedoch neigten sich der Ansicht zu, dass das beschriebene Gebilde die Aufgabe habe, die runden Zellen der Samencanälchen zu stützen, und bezeichneten es deshalb mit dem Namen Stützzelle.

Während aber durch alle diese Arbeiten die alten Ansichten über die Entwickelung der Samenfäden nicht erschüttert wurden, unterlagen dieselben im Jahre 1871 durch eine Arbeit von Ebner einer völligen Umwälzung. Nach seinen Untersuchungen stammen die Samenfäden nicht von den runden Zellen, sondern direct von den oben genannten Sertoli'schen Elementen, die er deshalb Spermatoblasten nannte. Diese Elemente allein seien von Bedeutung für die Samenfädenbildung, während die anderen runden Elemente, obwohl sie den grösseren Theil des Samencanälcheninhalts bilden, nur eine nebensächliche Rolle spielen. Sie bilden durch Umwandlung und Auflösung die Zusatzflüssigkeit, die später die Samenfädenausstossung erleichtern müsse. Die Spermatozoiden aber stammen von dem nackten Protoplasma des centralen Endes der Spermatoblasten. Man sehe hier einen runden Kern — Kopf — erscheinen, bald darauf die Verästelung in Lappen, von denen Mittelstück und Schwanz der Samenfäden stammen.

Diese Ebner'sche Theorie gab Anlass zu zahlreichen neuen Arbeiten, die jedoch in ihren Resultaten weit auseinander gingen. Gegen Ebner erklärten sich Sertoli, Kölliker, Merkel, Henle, Renson, Swaen, Masquelin, Wiedersperg u. A., während Neumann, Krause, v. Mihalkovics, Frey, Müller, Toldt u. A. sich derselben anschlossen.

So lagen die Verhältnisse, als ich, um mir selbst ein Urtheil zu bilden, im vorigen Jahre in Folge einer Aufforderung des Hrn. Prof. Waldeyer diesen Gegenstand zu studiren begann.

Die Ergebnisse meiner Untersuchungen, von denen ich hier nur die Endresultate mittheilen möchte, stehen in völligem Widerspruche mit fast allen Ansichten der genannten Autoren. Dies schreibe ich der von mir benutzten Untersuchungsmethode zu, in Folge deren ich ein klares Bild von dem überaus zarten und veränderlichen Hodencanälcheninhalt erhielt, welcher der mikroskopischen Untersuchung bisher so grosse Schwierigkeiten darbot. Der Hauptvortheil meiner Methode besteht darin, dass ich, um die topographischen Verhältnisse des Canälcheninhalts zu erhalten, neben einer guten Härtungsflüssigkeit (Flemming'scher Lösung) und einer guten Einbettungsmethode (Chloroform-Paraffin von Bütschli), die äusserst feinen Schnitte, einzeln auf dem Deckglas angeklebt, mit Safranin färbte, wodurch jedes Element in seiner natürlichen Lage erhalten blieb.

Gegenstand meiner Untersuchungen waren Hoden von Stier, Ratte, Hund, Kater, Kaninchen, Meerschweinchen, Pferd, Schwein, Java-Affe, Antilope, Rana temporaria und Triton taeniatus und zwar sowohl von reifen als auch von noch nicht geschlechtsreifen Individuen.

Meine Untersuchung ergeben nun folgende Resultate:

1) In den Samencanälchen aller genannten Thiere findet sich nur eine Art von Zellen (Samenzellen oder runde Zellen). Die Spermatoblasten von

Ebner, die Epithelialzellen von Sertoli, die Stützzellen von Merkel und Henle sind Kunstproducte und entstehen, sobald die runden Zellen in Spermatozoiden umgewandelt sind, aus dem restirenden Protoplasma. Das bei der Samenfädenbildung unverbraucht gebliebene Zellprotoplasma nimmt durch die Einwirkung der härtenden Agentien alle die verschiedenen, von Sertoli, Ebner, Merkel und Henle beschriebenen Formen an.[1]

Der schlagendste Beweis für die Anschauung, dass diese Gebilde nichts anders als protoplasmatische Reste seien, wird dadurch geliefert, dass es gelingt, dieselben durch geeignete Lösungsmittel gänzlich zum Verschwinden zu bringen. Als solches Mittel hat sich mir besonders eine Salmiak- und Kochsalzlösung erwiesen.

2) Alle runden Zellen stammen von einer von mir Stammzelle genannten ab, die wir schon in Praeparaten von noch nicht geschlechtsreifen Thieren finden. Diese Stammzelle giebt im thätigen Organe eine Generation von Elementen, die in radiärer Linie säulenartig angeordnet sind. In einer solchen Säule unterscheiden wir, wenn die topographischen Verhältnisse des Praeparats gut erhalten sind, ausser der basalen Stammzelle, eine zweite Reihe von mir so genannter Mutterzellen, denen in dritter Reihe Tochterzellen folgen. — Es sind also alle runden Zellen, die aus einer Stammzelle hervorgehen, in einer Säule angeordnet, und zwar lassen sich in jeder Säule 3 Zonen unterscheiden, welche ich von der Peripherie des Canälchens nach dem Centrum 1., 2. und 3. Zone nenne.

3) Ist eine Generationsreihe abgeschlossen, so beginnt in jeder Säule die Umwandlung der runden Elemente in Samenfäden und zwar in folgender Ordnung:

Zuerst rückt der Kern einer Tochterzelle nach dem peripherischen Pole der betreffenden Zelle, nimmt dort eine oblonge Form an und bildet mit einer Hälfte den Kopf, während die andere das Mittelstück und den Schwanz abgiebt. Die drei Theile des Spermatozoiden entstehen somit nach meinen Beobachtungen nur aus dem Kern, der mit der vorderen Hälfte den Kopf und mit der hinteren Mittelstück und Schwanz bildet. Man wolle hier die älteren Angaben Kölliker's vergleichen. In Folge dieses Vorganges, der sich in allen Elementen einer Säule vom Inneren zur Peripherie hin wiederholt, tritt dann an Stelle jeder Zellensäule ein Spermatozoidenbündel.

4) Hierbei durchläuft jede Zellsäule während ihrer Umwandlung in Spermatozoiden und Wiederherstellung ihrer Glieder 8 Phasen. Die 1. charakterisirt sich durch die vollständige Entwicklung aller Zellen, die 2. durch die Umwandlung der Zellen der 3. Zone in Samenfäden, die 3. durch die Umwandlung der Zellen der 2. Zone in Spermatozoiden. In der 4. werden alle Zellen einer Säule zu Spermatozoiden, während in der 5. die Ausstossung der letzteren beginnt. Die 6. Phase ist durch die Entstehung der Ebner'schen Spermatoblasten mit Wiederherstellung der Stammzelle charakterisirt. In der 7. und 8. Phase werden die Spermatozoiden vollständig ausgestossen und alle Zellglieder einer Säule reproducirt.

[1] Mit meiner Auffassung der Spermatoblasten stimmt eine vor wenigen Tagen erfolgte vorläufige Mittheilung von Grünhagen (*Centralblatt für die medicinischen Wissenschaften*, 1885, Nr. 28) überein.

5) Die Ausstossung der Samenfäden geschieht passiv in Folge des Seitendruckes der weiterwachsenden Zellen der benachbarten Säulen. Diese pressen zuerst das Spermatozoidenbündel zusammen und treiben es dann langsam in's Canälchenlumen hinein. Jetzt entsteht zwischen Canälchenwand und unterem Ende des Bündels das Bild des sogenannten Spermatoblasten, der, wie bereits erwähnt, die bei der Samenfädenbildung übrig gebliebene Protoplasmasubstanz ist.

6) An Stelle einer jeden Zellensäule tritt nach ihrer Umwandlung in Spermatozoidenbündel und Zwischensubstanz (so nenne ich die Protoplasmareste) eine neue Generation, hervorgehend aus einer Stammzelle einer Nachbarsäule. Dass die Zelltheilung nicht immer in einer Richtung, sondern in derjenigen, wo gerade Raum frei ist, stattfindet, zeigt sich daran, dass nach vollendeter Entwicklung einer Säule die Stammzelle sich in seitlicher Richtung theilt, da dort gerade freier Raum entstanden ist, ein Vorgang, durch welchen die erste Zelle der künftigen Säule entsteht.

So ist der Bau der Samencanälchen auf die grösstmögliche Einfachheit zurückgeführt und sind alle Beobachtungen früherer Autoren vollkommen erklärt.[1]

4. Hr. BLASCHKO demonstrirt Praeparate von der Haut, welche darthun, dass an der Grenze von Cutis und Epidermis weder eine Kittsubstanz noch eine Basalmembran vorhanden ist, sondern dass eben solche protoplasmatischen Fäden (Intercellularbrücken), wie sie die Retezellen mit einander verbinden, auch von den untersten Epithelzellen zu der obersten Cutisschicht verlaufen. Diese Fäden bilden ein äusserst feines Netz, dessen Maschen, von Lymphe ausgefüllt, mit den Lymphräumen der Cutis einerseits und mit den Intercellularräumen der Epidermis andererseits communiciren. Unter pathologischen Verhältnissen kann man in den erweiterten Maschen dieses Netzes Leukocyten wahrnehmen, die auch noch weiter nach der Oberfläche hin wandern und, wie schon von Biesiadecki u. A. beschrieben, zwischen die Retezellen gelangen können.

Auffallend an dieser Beobachtung, welche sich an gut conservirten Praeparaten jederzeit demonstriren lässt, erscheint die Thatsache einer continuirlichen organischen Verbindung zwischen Zellen des äusseren und mittleren Keimblattes.

[1] Die ausführliche Arbeit wird demnächst im *Archiv für mikroskopische Anatomie* erscheinen.

Fig. 3.

Fig. 2.

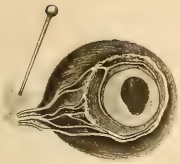


Fig. 4.

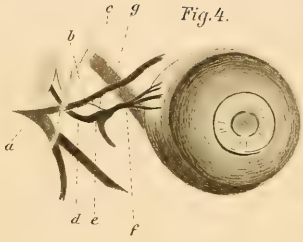


Fig. 1.

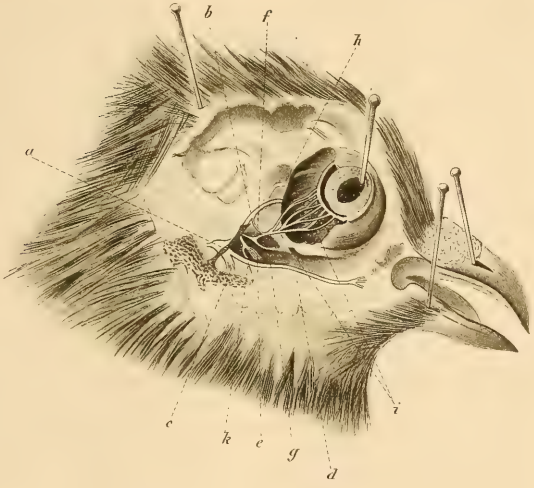
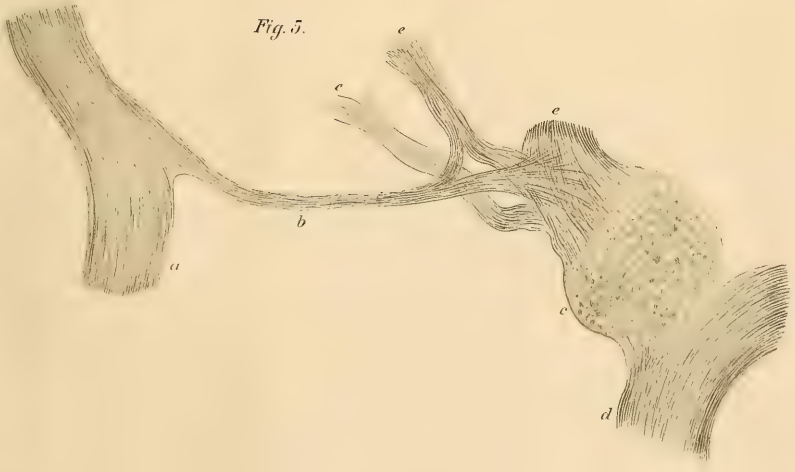


Fig. 5.



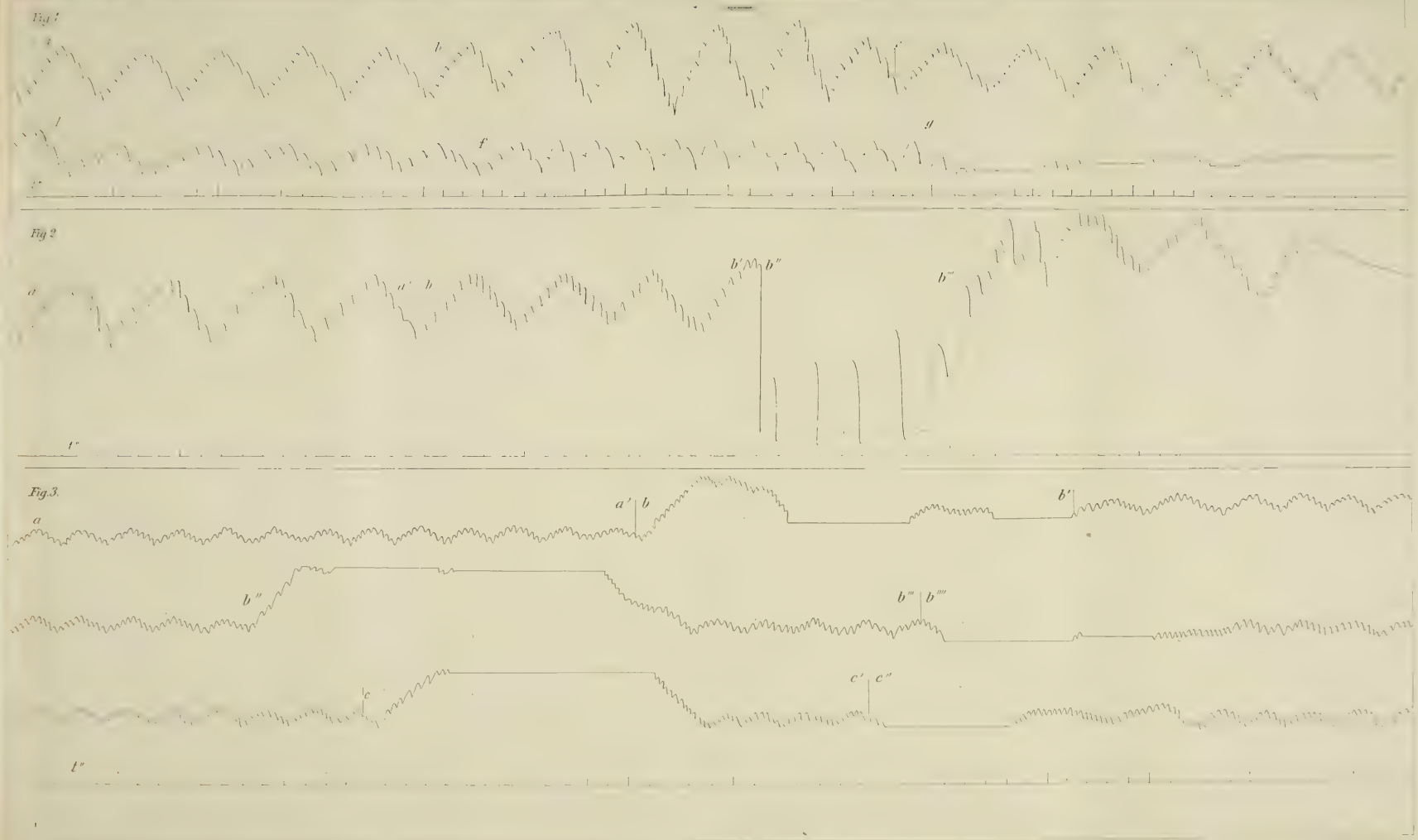
Verlag Veit & Comp, Leipzig.

Lith. Anst. v. E. A. Funke, Leipzig.

Fig. 3

Fig. 2

Fig. 1.



Verlag Veit & Comp. Leipzig.

Fig. 1.

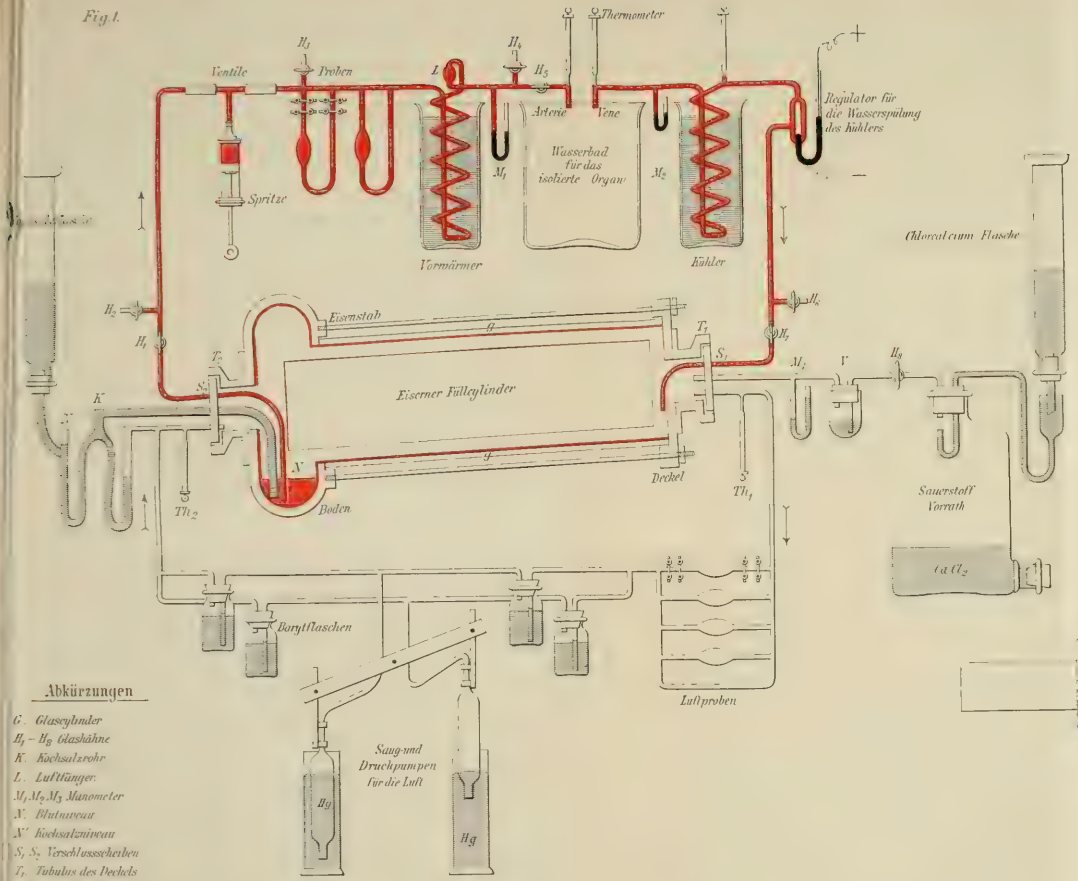
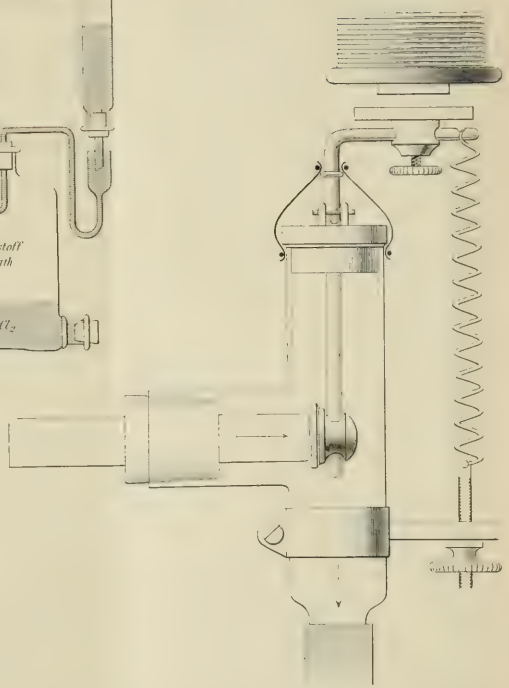


Fig. 2



Lith. Anst. v. Veit & Comp. in Leipzig

7813
Ber. 4. '85

ARCHIV

FÜR

ANATOMIE UND PHYSIOLOGIE.

FORTSETZUNG DES VON REIL, REIL U. AUTENRIETH, J. F. MECKEL, JOH. MÜLLER, REICHERT U. DU BOIS-REYMOND HERAUSGEGEBENEN ARCHIVES.

HERAUSGEGEBEN

VON

DR. WILH. HIS UND DR. WILH. BRAUNE,

PROFESSOREN DER ANATOMIE AN DER UNIVERSITÄT LEIPZIG,

UND

DR. EMIL DU BOIS-REYMOND,

PROFESSOR DER PHYSIOLOGIE AN DER UNIVERSITÄT BERLIN.

JAHRGANG 1885.

PHYSIOLOGISCHE ABTHEILUNG.

ERSTES UND ZWEITES HEFT.

MIT ZWÖLF ABBILDUNGEN IM TEXT UND EINER TAFEL.

LEIPZIG,

VERLAG VON VEIT & COMP.

1885.

Zu beziehen durch alle Buchhandlungen des In- und Auslandes.

(Ausgegeben am 12. März 1885.)

Inhalt.

Seite

N. Zeglinski, Experimentelle Untersuchungen über die Irisbewegung. (Hierzu Taf. I.) 1

Max Rubner, Versuche über den Einfluss der Temperatur auf die Respiration des ruhenden Muskels 38

J. v. Kries, Untersuchungen zur Mechanik des quergestreiften Muskels . . . 67

J. v. Kries und Brauneck, Ueber einen Fundamentalsatz aus der Theorie der Gesichtsempfindungen 79

J. v. Kries, Notiz über das Federrheonom 85

E. du Bois-Reymond, Lebende Zitterrochen in Berlin 86

C. Binz, Das Verhalten der Lymphkörperchen zum Chinin 146

R. Nikolaides, Ueber die mikroskopischen Erscheinungen bei der Contraction des quergestreiften Muskels 150

Ernst von Fleischl, Zur Beurtheilung der sogenannten Praevalenz-Hypothese Stricker's 157

Verhandlungen der physiologischen Gesellschaft zu Berlin 1884—85 160

Arthur König, Ueber Farbensehen und Farbenblindheit. — Hans Virchow, Ueber den Bau der Zonula und des Petit'schen Kanales. — Kossel, Ueber eine neue Base aus dem Thierkörper. — Ed. Aronsohn, Ein Wärmecentrum im Grosshirn.

Die Herren Mitarbeiter erhalten *vierzig* Separat-Abzüge ihrer Beiträge gratis.

Beiträge für die **anatomische Abtheilung** sind an

Professor Dr. **W. His** oder Professor Dr. **W. Braune**

in Leipzig, beide Königsstrasse 17,

Beiträge für die **physiologische Abtheilung** an

Professor Dr. **E. du Bois-Reymond**

in Berlin, N.W., Neue Wilhelmstrasse 15,

portofrei einzusenden. — **Zeichnungen** zu Tafeln oder zu Holzschnitten sind auf **vom Manuscript getrennten** Blättern beizulegen. Bestehen die Zeichnungen zu Tafeln aus einzelnen Abschnitten, so ist, **unter Berücksichtigung** der Formatverhältnisse des Archives, denselben eine **Zusammenstellung**, die dem Kupferstecher oder Lithographen als Vorlage dienen kann, beizufügen.

---

73 83
Sept. 8. 1885

ARCHIV

FÜR

ANATOMIE UND PHYSIOLOGIE.

Fortsetzung des von Reil, Reil u. Autenrieth, J. F. Meckel, Joh. Müller, Reichert u. du Bois-Reymond herausgegebenen Archives.

HERAUSGEGEBEN

VON

Dr. WILH. HIS und Dr. WILH. BRAUNE,
PROFESSOREN DER ANATOMIE AN DER UNIVERSITÄT LEIPZIG,

UND

Dr. EMIL DU BOIS-REYMOND,
PROFESSOR DER PHYSIOLOGIE AN DER UNIVERSITÄT BERLIN.

JAHRGANG 1885.

PHYSIOLOGISCHE ABTHEILUNG.

DRITTES UND VIERTES HEFT.

MIT FÜNF ABBILDUNGEN IM TEXT UND ZWEI TAFELN.

LEIPZIG,
VERLAG VON VEIT & COMP.
1885.

Zu beziehen durch alle Buchhandlungen des In- und Auslandes.
(Ausgegeben am 20. Juli 1885.)

Inhalt.

Seite

K. Hällstén, Zur Kenntniss der sensiblen Nerven und der Reflexapparate des Rückenmarkes 167

C. Holzmann, Ueber das Wesen der Blutgerinnung 210

G. Sandmann, Ueber die Vertheilung der motorischen Nervenendapparate in den quergestreiften Muskeln der Wirbelthiere. (Hierzu Taf. II.) 240

Benno Baginsky, Zur Physiologie der Bogengänge 253

Hans Aronson, Ueber Apnoe bei Kaltblütern und neugeborenen Säugethieren . 267

Otto Moszeick, Ueber den Einfluss der Temperatur auf die Absorptionsfähigkeit der Thierkohle 275

O. Langendorff, Ueber elektrische Reizung des Herzens 284

Maurice Mendelssohn, Ueber die Irritabilität des Rückenmarkes 288

A. L. Rawa, Ueber das Zusammenwachsen der Nerven verschiedener Bestimmungen und verschiedener Functionen. (Hierzu Taf. III.) 296

Verhandlungen der physiologischen Gesellschaft zu Berlin 1884—85 329

von Monakow, Einiges über die Ursprungscentren des N. opticus und über die Verbindungen derselben mit der Sehsphäre. — Uhthoff, a) Ueber das Verhältniss der Sehschärfe zur Beleuchtungsintensität. b) Demonstration einer neuen Vorrichtung zur Bestimmung des Winkels α bez. γ zwischen Gesichtslinien und der senkrecht durch den Hornhautscheitel gehenden Linie. — Busch, Demonstration von zwei Knochenpraeparaten, an denen mechanische Wachsthumsexperimente ausgeführt sind. — Goldscheider, Ueber Wärme-, Kälte- und Druckpunkte. — Ewald, Ueber das Vorkommen der Milchsäure im Mageninhalt. — A. Kossel, Ueber das Nucleïn im Dotter des Hühnereies. — Raudnitz, Ueber das thermische Centrum der Grosshirnrinde. — Blaschko, Zur Lehre von den Druckempfindungen. — Höltzke, Experimentelle Untersuchungen über intraoculären Druck. — H. Virchow, Ueber Glaskörpergefässe von Cyprinoïden.

Die Herren Mitarbeiter erhalten *vierzig* Separat-Abzüge ihrer Beiträge gratis.

Beiträge für die **anatomische Abtheilung** sind an

Professor Dr. **W. His** oder Professor Dr. **W. Braune**

in Leipzig, beide Königsstrasse 22,

Beiträge für die **physiologische Abtheilung** an

Professor Dr. **E. du Bois-Reymond**

in Berlin, N.W., Neue Wilhelmstrasse 15,

portofrei einzusenden. — **Zeichnungen** zu Tafeln oder zu Holzschnitten sind auf **vom Manuscript getrennten** Blättern beizulegen. Bestehen die Zeichnungen zu Tafeln aus einzelnen Abschnitten, so ist, **unter Berücksichtigung** der Formatverhältnisse des Archives, denselben eine **Zusammenstellung,** die dem Kupferstecher oder Lithographen als Vorlage dienen kann, beizufügen.

7383
Dec. 7. 1885

ARCHIV

FÜR

ANATOMIE UND PHYSIOLOGIE.

FORTSETZUNG DES VON REIL, REIL U. AUTENRIETH, J. F. MECKEL, JOH. MÜLLER, REICHERT U. DU BOIS-REYMOND HERAUSGEGEBENEN ARCHIVES.

HERAUSGEGEBEN

VON

DR. WILH. HIS UND DR. WILH. BRAUNE,
PROFESSOREN DER ANATOMIE AN DER UNIVERSITÄT LEIPZIG,

UND

DR. EMIL DU BOIS-REYMOND,
PROFESSOR DER PHYSIOLOGIE AN DER UNIVERSITÄT BERLIN.

JAHRGANG 1885.

PHYSIOLOGISCHE ABTHEILUNG.

FÜNFTES UND SECHSTES HEFT.

MIT VIERZEHN ABBILDUNGEN IM TEXT UND EINER TAFEL.

LEIPZIG,
VERLAG VON VEIT & COMP.
1885.

Zu beziehen durch alle Buchhandlungen des In- und Auslandes.
(Ausgegeben am 6. November 1885.)
Mit zwei Beilagen: a) von **Friedr. Vieweg & Sohn** in Braunschweig,
b) von **Carl Winter's** Univers.-Buchh. in Heidelberg.

Inhalt.

Seite

K. Hällstén, Zur Kenntniss der sensiblen Nerven und der Reflexapparate des Rückenmarkes 167

C. Holzmann, Ueber das Wesen der Blutgerinnung 210

G. Sandmann, Ueber die Vertheilung der motorischen Nervenendapparate in den quergestreiften Muskeln der Wirbelthiere. (Hierzu Taf. II.) 240

Benno Baginsky, Zur Physiologie der Bogengänge 253

Hans Aronson, Ueber Apnoe bei Kaltblütern und neugeborenen Säugethieren . 267

Otto Moszeick. Ueber den Einfluss der Temperatur auf die Absorptionsfähigkeit der Thierkohle 275

O. Langendorff, Ueber elektrische Reizung des Herzens 284

Maurice Mendelssohn, Ueber die Irritabilität des Rückenmarkes 288

A. L. Rawa, Ueber das Zusammenwachsen der Nerven verschiedener Bestimmungen und verschiedener Functionen. (Hierzu Taf. III.) 296

Verhandlungen der physiologischen Gesellschaft zu Berlin 1884—85 329

von Monakow, Einiges über die Ursprungscentren des N. opticus und über die Verbindungen derselben mit der Sehsphäre. — Uhthoff, a) Ueber das Verhältniss der Sehschärfe zur Beleuchtungsintensität. b) Demonstration einer neuen Vorrichtung zur Bestimmung des Winkels α bez. γ zwischen Gesichtslinien und der senkrecht durch den Hornhautscheitel gehenden Linie. — Busch, Demonstration von zwei Knochenpraeparaten, an denen mechanische Wachsthumsexperimente ausgeführt sind. — Goldscheider, Ueber Wärme-, Kälte- und Druckpunkte. — Ewald, Ueber das Vorkommen der Milchsäure im Mageninhalt. — A. Kossel, Ueber das Nucleïn im Dotter des Hühnereies. — Raudnitz, Ueber das thermische Centrum der Grosshirnrinde. — Blaschko, Zur Lehre von den Druckempfindungen. — Höltzke, Experimentelle Untersuchungen über intraocularen Druck. — H. Virchow, Ueber Glaskörpergefässe von Cyprinoiden.

Die Herren Mitarbeiter erhalten *vierzig* Separat-Abzüge ihrer Beiträge gratis.

Beiträge für die **anatomische Abtheilung** sind an

Professor Dr. **W. His** oder Professor Dr. **W. Braune**

in Leipzig, beide Königsstrasse 22,

Beiträge für die **physiologische Abtheilung** an

Professor Dr. **E. du Bois-Reymond**

in Berlin, N.W., Neue Wilhelmstrasse 15,

portofrei einzusenden. — **Zeichnungen** zu Tafeln oder zu Holzschnitten sind auf **vom Manuscript getrennten** Blättern beizulegen. Bestehen die Zeichnungen zu Tafeln aus einzelnen Abschnitten, so ist, **unter Berücksichtigung** der Formatverhältnisse des Archives, denselben eine **Zusammenstellung,** die dem Kupferstecher oder Lithographen als Vorlage dienen kann, beizufügen.

7383
Dec. 7. 1885

ARCHIV

FÜR

ANATOMIE UND PHYSIOLOGIE.

FORTSETZUNG DES VON REIL, REIL U. AUTENRIETH, J. F. MECKEL, JOH. MÜLLER, REICHERT U. DU BOIS-REYMOND HERAUSGEGEBENEN ARCHIVES.

HERAUSGEGEBEN

VON

DR. WILH. HIS UND DR. WILH. BRAUNE,

PROFESSOREN DER ANATOMIE AN DER UNIVERSITÄT LEIPZIG,

UND

DR. EMIL DU BOIS-REYMOND,

PROFESSOR DER PHYSIOLOGIE AN DER UNIVERSITÄT BERLIN.

JAHRGANG 1885.

PHYSIOLOGISCHE ABTHEILUNG.

FÜNFTES UND SECHSTES HEFT.

MIT VIERZEHN ABBILDUNGEN IM TEXT UND EINER TAFEL.

LEIPZIG,

VERLAG VON VEIT & COMP.

1885.

Zu beziehen durch alle Buchhandlungen des In- und Auslandes.

(Ausgegeben am 6. November 1885.)

Mit zwei Beilagen: a) von **Friedr. Vieweg & Sohn** in Braunschweig, b) von **Carl Winter's** Univers.-Buchh. in Heidelberg.

Inhalt.

Seite

F. Miescher-Rüsch, Bemerkungen zur Lehre von den Athembewegungen . . . 355

Maurice Mendelssohn, Ueber den axialen Nervenstrom 381

I. Rosenthal, Apparat zur künstlichen Athmung 400

Warren P. Lombard, Die räumliche und zeitliche Aufeinanderfolge reflectorisch contrahirter Muskeln 408

Ernst v. Fleischl, Studien über den Electrotonus 490

Max von Frey und Max Gruber, Untersuchungen über den Stoffwechsel isolirter Organe. (Hierzu Taf. IV.) 519

Max von Frey, Versuche über den Stoffwechsel des Muskels 533

Verhandlungen der physiologischen Gesellschaft zu Berlin 1884—85 563

Hans Virchow, Ueber Glaskörperzellen. — Höltzke, Experimentelle Untersuchungen über intraocularen Druck. — Waldeyer, Ueber die Ergebnisse einer ausgeführten Untersuchung des Hrn. Fischelis, betreffend die Entwickelung der Schilddrüse. — Eulenburg, Ueber das Wärmecentrum im Grosshirn. — G. Salomon, Ueber einen neuen Bestandtheil des menschlichen Harns. — Hans Virchow, Ueber den ciliaren Muskel des Frosches. — Hans Virchow, Ueber die verschiedenen Formen des Ligamentum pectinatum iridis. — Christiani, Ueber Wärmecentren im Gehirne. — Biondi, Ueber die Ergebnisse seiner Untersuchungen betreffend die Spermatogenese. — Blaschko, Ueber Intercellularbrücken zwischen Cutis und Epidermis.

Die Herren Mitarbeiter erhalten *vierzig* Separat-Abzüge ihrer Beiträge gratis.

Beiträge für die **anatomische Abtheilung** sind an

Professor Dr. **W. His** oder Professor Dr. **W. Braune**

in Leipzig, beide Königsstrasse 22,

Beiträge für die **physiologische Abtheilung** an

Professor Dr. **E. du Bois-Reymond**

in Berlin, N.W., Neue Wilhelmstrasse 15,

portofrei einzusenden. — **Zeichnungen** zu Tafeln oder zu Holzschnitten sind auf **vom Manuscript getrennten** Blättern beizulegen. Bestehen die Zeichnungen zu Tafeln aus einzelnen Abschnitten, so ist, **unter Berücksichtigung** der Formatverhältnisse des Archives, denselben eine **Zusammenstellung,** die dem Kupferstecher oder Lithographen als Vorlage dienen kann, beizufügen.

Acme
Bookbinding Co., Inc.
300 Summer Street
Boston, Mass. 02210

3 2044 093 332 708